

Е. П. ЛЕВИТАН



**МЕТОДИКА
ПРЕПОДАВАНИЯ
АСТРОНОМИИ**



МЕТОДИКА ПРЕПОДАВАНИЯ АСТРОНОМИИ

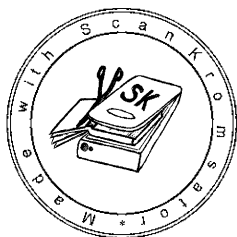


Е. П. ЛЕВИТАН

**МЕТОДИКА ПРЕПОДАВАНИЯ
АСТРОНОМИИ
В СРЕДНЕЙ ШКОЛЕ**

ИЗДАТЕЛЬСТВО «ПРОСВЕЩЕНИЕ»
МОСКВА 1965

*Рукопись рекомендована к изданию
Учебно-методическим советом
Министерства просвещения РСФСР*



Scan AAW

ПРЕДИСЛОВИЕ

Предметом методики преподавания астрономии в средней школе является астрономическое образование и неразрывно связанное с ним коммунистическое воспитание подрастающего поколения. В соответствии с этим в первой части книги на основе передового опыта учителей и методистов астрономии рассматриваются задачи, содержание, принципы и методы обучения основам астрономической науки, приборы и наглядные пособия, методика проведения школьных наблюдений, а также вопросы организации и проведения внеклассной и внешкольной работы. Особое внимание уделено формированию материалистического мировоззрения и атеистическому воспитанию учащихся в процессе обучения астрономии.

Вторая часть книги содержит поурочный анализ всего школьного курса астрономии. Это вызвано стремлением облегчить работу учителя при подготовке к урокам. Материал разработок уроков по своему объему и глубине в ряде случаев превосходит те сведения, которые учитель сможет изложить на уроке. В зависимости от уровня общей подготовки класса учитель, знакомясь с рекомендациями пособия, выберет наиболее приемлемое для него планирование разделов курса, методы изложения отдельных тем, форму закрепления материала и проверки знаний учащихся и т. д. Пользуясь материалом разработки урока, учитель самостоятельно решит вопрос о том, какой дополнительный материал он изложит на уроке, какой перенесет на внеклассные занятия. Некоторые сведения, содержащиеся в разработках уро-

ков, окажутся полезными учителю для обстоятельных ответов на вопросы, которые, как известно, задают учащиеся. В зависимости от местных условий школы и ее оборудования учитель выберет для своего урока те или иные наглядные пособия из нескольких, предлагаемых в книге. Однако, готовясь к уроку, не следует ограничиваться только школьным учебником по астрономии и данным пособием. Необходимо познакомиться с рекомендуемой научно-популярной и методической литературой по основным темам курса астрономии.

Создавая книгу по методике преподавания астрономии, автор стремился не только помочь учителям эффективно довести до учащихся содержание курса астрономии, но и поставить перед учителем некоторые проблемы преподавания, требующие дальнейшего обсуждения и разрешения.

Автор считает своим долгом поблагодарить проф. П. И. Попова, рецензентов проф. В. В. Радзиевского, проф. О. В. Голубеву, доц. Н. К. Ухову и доц. А. Б. Маринбаха за ценные замечания, сделанные ими при просмотре рукописи этой книги. Автор особо благодарен проф. Р. В. Куницкому и доц. М. М. Дагаеву, советы и замечания которых имели важное значение на всех этапах работы над рукописью. Автор благодарен доц. А. В. Буткевичу (Новосибирск), кандидату физ.-мат. наук К. Н. Шистовскому (Москва), В. В. Мартыненко (Симферополь), В. И. Прянишникову (Ленинград), Р. И. Цветову (Москва), Ф. В. Алексееву (Саратов) и О. П. Мальцеву (Москва), любезно представившим интересный фактический и иллюстративный материал.

Автор

ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ПРЕПОДАВАНИЯ АСТРОНОМИИ

Глава I.

• АСТРОНОМИЯ КАК ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ УЧЕБНЫЙ ПРЕДМЕТ

§ 1. ИЗ ИСТОРИИ ПРЕПОДАВАНИЯ АСТРОНОМИИ В НАШЕЙ СТРАНЕ

Обучение астрономии в России ведет свое начало с учреждения в 1701 г. Петром I школы «Математических и навигацких хитростно искусств учения».

С начала XVIII в. астрономия изучалась лишь в специальных учебных заведениях (морских, артиллерийских, инженерных и др.) в связи с потребностями кораблевождения, военного дела, картографирования, а после 80-х годов XVII в. астрономия получила распространение в общеобразовательных школах. Одной из таких школ была академическая гимназия, организованная М. В. Ломоносовым. В ней астрономия преподавалась в курсе математической географии.

В 1817 г. созданное Министерство духовных дел и народного просвещения объявило «богопротивными» учебники, трактующие вращение Земли и естественное происхождение мира. Закон божий провозглашался «единственно твердым основанием всякому полезному учению», а христианское благочестие — «основанием истинного просвещения». В этих условиях развитие преподавания астрономии (космографии) встречало большие трудности. Название учебного предмета — космография — не соответствовало его содержанию, поскольку в преподавании, значительно отстававшем от уровня науки, наименьшее внимание уделялось описанию небесных тел и их систем (т. е. описанию Вселенной или Космоса), а основной упор делался на сферическую астрономию, нередко просто включаемую в курс физики.

Стремясь преодолеть господствовавшее схоластичное и абстрактное преподавание, передовые учителя стали постепенно использовать в учебном процессе наблюдения и наглядные пособия. Так, в 70-х годах XIX в. К. В. Дубровский продемонстрировал в Москве набор приборов по физике и астрономии. Международный педагогический конгресс (Брюссель, 1880 г.) постановил передать эту коллекцию в образцовую школу, «чтобы указать учителям путь, которому они должны следовать». В Петербурге в конце XIX в. был основан Педагогический музей военно-учебных заведений, в котором имелся отдел космографии, организованный А. И. Барановым. В этом отделе музея были выставлены самодельные учебные пособия, сделанные учителями астрономии, и астрономические трубы, продававшиеся тогда в России иностранными фирмами.

Важную роль в совершенствовании преподавания астрономии играло Русское астрономическое общество, организованное в Петербурге в 1890 г. по инициативе прогрессивно настроенных астрономов и педагогов.

Постепенно приобретают все большее распространение идеи преподавания астрономии на основе самостоятельных наблюдений учащихся. Так, А. Гатлих в предисловии к книге «Начатки космографии» (1899 г.) писал: «Учащийся должен сам убедиться в том, что небесный свод поворачивается с востока на запад, что Полярная звезда почти остается на месте, что вид звездного неба в один и тот же час не один и тот же в разные дни года, что Солнце восходит и заходит не в одной и той же точке горизонта, что Луна быстро перемещается между звездами и пр. Он должен непременно различать на небе важнейшие созвездия и звезды первой величины, уметь приближенно определить полуденную линию и истинный полдень».

В 1911 г. была опубликована книга Н. Ф. Платонова «Практические занятия по начальной астрономии», в которой наблюдения и практические занятия по астрономии анализировались в соответствии с возрастными особенностями учащихся и их интересами. Н. Ф. Платонов подчеркивал, что наблюдения необходимо проводить до изучения явлений в классе, а также обращал внимание учителей на желательность любительской работы с учащимися, проявляющими интерес к изучению астрономии.

Методические идеи и лучший опыт прогрессивного русского учительства впоследствии стал основой развития советской методики преподавания астрономии.

В июне 1917 г. состоялось Второе Всероссийское совещание преподавателей физики, химии и космографии в Москве. Оно происходило в канун Великой Октябрьской социалистической революции, когда учительство почувствовало некоторую относительную свободу выражения своих мыслей и могло обратить внимание на мировоззренческие вопросы. Докладчиками были по большей части молодые учителя, вводившие в преподавание астрономии и наблюдения и, насколько это было возможно, вопросы мировоззрения.

Докладчики (Н. Ф. Платонов, К. Л. Баев, М. Е. Набоков, П. А. Симагин, Д. В. Лермантов) сообщали о состоянии обучения астрономии в школах различных типов того времени (мужские и женские гимназии, реальные училища, кадетские корпуса) и представляли проекты улучшения преподавания. Обобщение этих проектов содержится в резолюции, показывающей, насколько к этому времени педагогическая мысль продвинулась вперед. В резолюции говорилось: «... космография, разделяя со всеми естественными науками воспитательную роль, имеет свое специальное высокое значение: она формирует научное мировоззрение...»

Чтобы оценить значение выдвижения на первое место мировоззренческой роли астрономии как учебного предмета, напомним, что в дореволюционной школе вообще не допускалась критика религии. Практически это приводило к тому, что в русских учебниках конца XIX и начала XX в. не вскрывалась роль открытия Коперника, а говорилось лишь о «гипотезе Коперника о движении Земли», не упоминались имена Галилея и Бруно, почти не затрагивались вопросы космогонии.

В молодой советской школе значение обучения основам астрономии для формирования диалектико-материалистического мировоззрения понималось главным образом как изложение учения о вращении и обращении Земли и биографий ученых, отстаивавших гелиоцентрическую систему мира. Этому в значительной мере способствовало неопределенное и неустойчивое положение астрономии в школе, не сразу выделившейся в самостоятельный учебный предмет. Так, в период «комплексных методов», а затем в период «методов проектов» астрономические темы были разрознены и бессистемно включались в различные годы школьного обучения. «Все это фактически переводило преподавание астрономии в разряд внешкольной работы, и то эпизодической, и приводило к тому, что твердых и цельных знаний об окружающем мире учащиеся не получали, а тем самым задача формирования марксистско-ленинского мировоззрения учащихся в этой области не осуществлялась»¹. В 30-х годах астрономия как учебный предмет вошла в советскую среднюю школу, и отметка по астрономии была включена в аттестат зрелости.

Первый стабильный учебник астрономии для средней школы был написан профессорами М. Е. Набоковым и Б. А. Воронцовым-Вельяминовым. В 1947 г. этот учебник был заменен учебником Б. А. Воронцова-Вельяминова.

В послевоенный период методика преподавания астрономии в нашей стране развивалась на основе изучения и обобщения передового опыта советских и зарубежных учителей астрономии.

Начало космической эры (4 октября 1957 г.), замечательные

¹ П. И. Попов, Преподавание астрономии в советской средней школе, «Физика в школе», 1947, № 5, стр. 45.

полеты советских космонавтов вызвали огромный интерес к астрономии людей разных возрастов и особенно молодежи. Возросло общеобразовательное значение астрономии. Задачи улучшения преподавания астрономии были обсуждены на III съезде Всесоюзного астрономо-геодезического общества (ВАГО) при Академии наук СССР (Киев, 1960 г.). Съезд констатировал, что до сих пор наблюдавшаяся «тенденция ликвидации астрономии в средних и высших учебных заведениях совершенно недопустима и необоснована и вызывается непониманием и игнорированием указаний Коммунистической партии Советского Союза по усилению диалектико-материалистического воспитания молодежи и научно-атеистической пропаганды»¹. Для повышения квалификации учителей астрономии съезд ВАГО рекомендовал организовать при институтах усовершенствования учителей постоянно действующие семинары. В специальных разделах резолюции съезда ВАГО содержались рекомендации по улучшению преподавания астрономии в университетах и педагогических вузах нашей страны.

Результатом усилий учителей, методистов и астрономической общественности нашей страны явились определенные успехи, достигнутые в преподавании астрономии. Новая программа, по которой астрономия преподается с 1964/65 учебного года, и переработанный в соответствии с нею учебник астрономии (автор проф. Б. А. Воронцов-Вельяминов) лучше тех, по которым советская школа работала раньше, и не идут ни в какое сравнение с дореволюционными. В новой программе усилена мировоззренческая часть курса и достигнута более тесная связь теории с практикой. Созданы новые учебные пособия, наглядные таблицы, учебные кинофильмы и кинофрагменты, освоен промышленный выпуск школьных телескопов, а также некоторых приборов, моделей и других пособий («Школьного астрономического календаря», «Учебного звездного атласа» и др.), необходимых для преподавания астрономии.

§ 2. ОСНОВНЫЕ ЗАДАЧИ ПРЕПОДАВАНИЯ АСТРОНОМИИ

Астрономия в советской средней школе является важным общеобразовательным предметом, способствующим развитию и формированию диалектико-материалистического мировоззрения учащихся на основе современных представлений о Вселенной. Идеологическое значение астрономии как учебного предмета является решающим при определении роли астрономии в системе образования и воспитания советской школы.

Являясь мировоззренческим общеобразовательным учебным предметом, астрономия дает учащимся определенный минимум практи-

¹ Резолюции III съезда Всесоюзного астрономо-геодезического общества, М., 1960.

ческих знаний и навыков: учащиеся знакомятся с основами практической астрономии (ориентировка на местности, определение географических координат, измерение времени и др.), приобретают некоторые навыки обращения с угломерными и оптическими инструментами (телескоп, школьный теодолит), практикуются в решении задач по астрономии с применением формул, астрономического календаря, карты звездного неба и т. д. Кроме того, изучая основные законы небесной механики, учащиеся получают минимум общеобразовательных сведений, необходимых поколению, живущему в век космической навигации. Учащиеся должны не зазубривать отдельные определения, формулы, выводы, а уметь обосновать их и представлять, с какой целью изучается тот или иной раздел курса, как связан этот раздел с другими, какова его роль в науке, жизни и др.

§ 3. СВЯЗЬ АСТРОНОМИИ С ДРУГИМИ ШКОЛЬНЫМИ ПРЕДМЕТАМИ

Одна из характерных особенностей развития современных наук — их взаимосвязь и взаимное обогащение — должна найти отражение в школьном преподавании.

Некоторые сведения по астрономии учащиеся приобретают до X класса в соответствии с ныне действующими программами по физике, физической географии, истории. Обобщая и систематизируя эти сведения, нужно использовать все возможности (методические объединения, учительские школьные газеты и др.) для установления связи с предметами, изучаемыми в школе одновременно с курсом астрономии (физика, обществоведение, математика и др.).

Астрономия и физическая география

В курсе физической географии (V кл.) расширяются и углубляются первоначальные сведения о Земле и небесных светилах, полученные учащимися в начальной школе, а также в определенной системе излагаются сведения о Земле и Солнце.

При изучении различных разделов курса физической географии («План и карта», «Форма и движение Земли», «Погода и климат» и др.) представляется возможность не только познакомить учащихся с физической природой Земли, планет и Солнца, но и провести астрономические наблюдения и практические работы, вполне соответствующие возрастным особенностям учащихся. В курсе астрономии учащиеся знакомятся с обоснованием способов астрономической ориентировки, измерения времени, практического определения географических координат, т. е. получают более целостное представление о вопросах, понятие о которых им было дано в курсе географии. Сведения о физической природе Земли являются важной основой для рассмотрения физической природы планет солнечной системы.

Астрономия и физика

Неразрывная связь астрономической и физической наук отражается в школьном преподавании прежде всего в том, что нередко одни и те же вопросы рассматриваются в курсах обоих школьных предметов («Объяснение солнечного и лунного затмений», «Всемирное тяготение», «Искусственные спутники Земли и космические ракеты», «Телескопы», «Спектральный анализ» и т. п.). Наиболее трудные для учащихся вопросы и темы курса физики (вес и масса, вращательное движение, всемирное тяготение, геометрическая и физическая оптика, строение атомов и их ядер) значительно эффективнее усваиваются учащимися, если при изложении соответствующего материала учитель умело использует астрономические сведения. С другой стороны, изучение физических и технических основ космонавтики в курсе физики позволяет в курсе астрономии сосредоточить основное внимание на астрономических аспектах проблемы.

Изучение физической природы небесных тел в курсе астрономии является логически необходимым завершением формирования физических понятий в средней школе.

Связь преподавания физики и астрономии может осуществляться по следующим направлениям:

а) на протяжении всего курса физики учитель должен, где это возможно, иллюстрировать изучаемый материал примерами, заимствованными из астрономии;

б) изучение ряда вопросов курса физики можно связывать с астрономическими наблюдениями;

в) при изучении курса астрономии необходимо максимально использовать полученные учащимися знания по физике (механика, электричество, оптика); опираться на эти знания при рассмотрении движения и физической природы небесных тел, а также методов астрономических исследований; дополнять знания учащихся по физике сведениями о космической плазме, природе радиоизлучения и др. Все это будет показано на конкретном материале во второй части данной книги.

Астрономия и математика

Отвлеченные математические понятия (прямая линия, угол, параллельные прямые и др.), а также решение прямоугольных и координатных треугольников нетрудно связать с разнообразными теоретическими и практическими вопросами астрономии. Разумеется, речь идет не о том, чтобы на уроках математики преподавать астрономию: достаточно ограничиться лишь решением некоторых задач с астрономическим содержанием, а также проведением простейших измерений на небесной сфере. С другой стороны, в курсе астрономии не следует избегать применения формул, простых вы-

числений, графиков, которые наряду с физическими понятиями должны вводиться не как лишний, дополнительный материал, а как средство и метод научного рассмотрения вопросов современной астрономии.

Астрономия и обществоведение

Обществоведение — важный учебный предмет, в котором в доступной для учащихся форме излагаются основы коммунистического мировоззрения, марксистско-ленинское учение о развитии общества, дается развернутая характеристика социалистического общества.

Наиболее тесно курс астрономии связан с философским разделом курса обществоведения — «Понятие о диалектическом и историческом материализме», знакомящим учащихся с основными философскими законами и категориями. Сущность взаимосвязи курсов астрономии и обществоведения состоит в следующем.

Во-первых, введение курса обществоведения способствует поднятию идеологического уровня преподавания астрономии и решению задачи формирования научно-атеистического мировоззрения учащихся (стр. 12—22). Во-вторых, изложение вопросов диалектического материализма в курсе обществоведения должно опираться на данные современного научного естествознания, и в том числе на достижения астрономии. Решение первой задачи требует от учителя глубокого знания марксистской философии.

В решении второй задачи учителю астрономии придется играть роль консультанта, помогающего учителю обществоведения подобрать доходчивые и содержательные примеры из астрономии для естественнонаучного обоснования важнейших философских категорий.

Астрономия и другие школьные предметы

Следует иметь в виду, что с некоторыми вопросами астрономии учащиеся знакомятся при изучении истории в V—VII классах. («Культура стран Междуречья», «Религия в древнем Египте», «Культура Египта», «Древняя Индия», «Наука древней Греции», «Культура и быт Рима в I в. н. э.», «Ученые — борцы за передовую науку» и др.) Учителю астрономии полезно познакомиться с освещением вопросов астрономии в перечисленных темах и оказать помощь учителю истории в их разъяснении. В процессе изучения астрономии знание истории помогает учащимся представить себе условия, в которых жили и работали ученые, трудами которых была создана современная наука.

В преподавании астрономии следует использовать знание учащимися курса химии. Это прежде всего относится к свойствам различных химических элементов и их соединений, химическим сим-

волам и т. д. Знакомясь с химическим составом атмосферы планет и звезд, распространенностью химических элементов в Космосе, превращениями химических элементов в процессе ядерных реакций и взрывов новых и сверхновых звезд, учащиеся пополняют и углубят свои знания по химии.

Еще не разработана единая стройная система изучения всех основных учебных предметов в тесной связи с астрономией и космонавтикой, хотя необходимость этого начинает ощущаться уже в первые годы космической эры. Вклад в разработку этой системы может сделать каждый учитель астрономии, который путем личного общения со своими коллегами, преподающими другие предметы, выступлениями на педагогических советах и методических объединениях сумеет увлечь их идеей использования данных астрономии на своих уроках. В школе нет предметов, которые абсолютно не связаны с астрономией. Кроме физики, математики, географии, обществоведения, истории, химии, можно назвать биологию, на уроках которой полезно сообщить интересные сведения из области астроботаники и астробиологии. Изложение современных представлений о происхождении и развитии жизни на Земле непосредственно связано с данными космогонии.

Элементы астрономии, разумно вводимые в преподавание различных предметов, оживят преподавание, поскольку подростки особенно интересуются астрономией. Вместе с тем будет постепенно создаваться необходимая основа для изучения систематического курса астрономии в X классе.

§ 4. ФОРМИРОВАНИЕ ОСНОВ МАТЕРИАЛИСТИЧЕСКОГО МИРОВОЗЗРЕНИЯ

Астрономия, исследующая небесные тела и их системы в бесконечной во времени и пространстве Вселенной, отвечает на ряд коренных мировоззренческих вопросов. Изучая астрономию, учащиеся узнают о том, что представляет собой окружающий нас мир, какое место в нем занимает Солнце, Земля и другие планеты, как шаг за шагом человеческий разум раскрывал и раскрывает сокровенные тайны мироздания. Возникновение астрономии является иллюстрацией важного тезиса исторического материализма о том, что наука возникает из потребностей человеческого общества. История развития астрономии, неотделимая от борьбы материалистической науки с идеализмом, подтверждает правильность принципов диалектического материализма, разоблачает антинаучность библейской картины мира и несостоятельность современных идеалистических концепций, пытающихся дать философское обоснование данным современной астрономии. Сила воздействия достижений астрономии на людей очень велика. Не случайно к достижениям астрономической науки неоднократно обращались классики марксизма-лениниз-

ма для наиболее убедительного естественнонаучного обоснования философии диалектического материализма.

При изучении астрономии в средней школе важно показать учащимся диалектику в природе, убедить их в том, что окружающий нас мир состоит не из готовых, раз и навсегда созданных богом небесных тел, а представляет собой совокупность естественных процессов, закономерности которых могут быть познаны человеком. Практически это означает, что задача формирования материалистического мировоззрения в преподавании астрономии заключается в том, чтобы при изучении каждой темы курса в доступной и увлекательной для учащихся форме давать марксистское философское обобщение астрономических фактов, вскрывать их атеистическую сущность. Для этого не нужно превращать уроки астрономии в лекции по философии и атеизму. Философские вопросы достаточно освещены в курсе обществоведения. Нередко несколько фраз учителя астрономии, удачный пример или сравнение, замечание, сделанное во время наблюдений учащимися небесных светил, могут наполнить конкретным содержанием абстрактные философские категории, о которых ученик слышал на уроках обществоведения, заучил, но еще «не отложил» в своем сознании, не сделал своими убеждениями. Например, знакомя учащихся со звездным небом, полезно сравнить сведения о звездах, которыми располагали люди прежде и теперь, а затем указать на познаваемость мира. Подобного рода обобщения способствуют формированию философских понятий.

В данном параграфе мы покажем, какой фактический материал курса астрономии, а также наблюдения учащихся могут быть использованы для обоснования основных положений философии диалектического материализма.

Материя

Современной науке известно два основных вида материи: вещество и поле. Вещество может находиться в различных агрегатных состояниях, из которых наиболее изученными являются твердое, жидкое, газообразное и плазменное. Конкретно вещество во Вселенной наблюдается в виде звезд, межзвездного газа, космической пыли, планет и метеорных тел. Звезды и диффузная газово-пылевая материя — наиболее распространенные формы космических объектов. Наиболее распространенным агрегатным состоянием вещества во Вселенной, по-видимому, является плазма. Почти полностью в плазменном состоянии находится огромное количество вещества в форме звезд и диффузной материи. Частично в плазменном состоянии находятся атмосферы планет, например некоторые верхние слои земной атмосферы (ионосфера). Плазменными также являются хвосты комет. В противоположность горячей звездной плазме в атмосферах планет, хвостах комет, разреженных газовых

туманностях наблюдается холодная плазма, изучение которой также имеет большое научное и практическое значение. Не исключено, что дальнейшее исследование Вселенной приведет к открытию новых видов вещества.

Нужно, чтобы учащиеся не только слышали о различных космических объектах, но и собственными глазами увидели то, что доступно наблюдению невооруженным глазом, в бинокль и школьный телескоп. Во время наблюдений учащиеся должны непосредственно познакомиться с Луной, планетами, Солнцем, звездами, некоторыми звездными системами и туманностями. Эти наблюдения явятся основой изучения на уроках астрономии важнейших космических объектов.

Средняя плотность материи в доступной наблюдениям части Вселенной — Метагалактике — чрезвычайно мала. На один кубический километр пространства приходится примерно 10^{-14} г вещества. В межгалактическом пространстве, кроме отдельных звезд, пыли и разреженной плазмы, материя существует в виде полей, основными из которых являются гравитационное и электромагнитное.

Единство и многообразие мира. Всеобщая связь явлений в природе

Единство мира заключается в его материальности, в признании того, что в мире нет ничего, кроме качественно различных видов движущейся и развивающейся материи. Единство мира отрицает существование нематериального «потустороннего» мира. Материальное единство мира подтверждается (но не исчерпывается!) тем, что небесные тела состоят из одних и тех же химических элементов (что подтверждается спектральным анализом звезд и лабораторными исследованиями метеоритов), их движение можно описать с помощью физических законов (закона всемирного тяготения в Солнечной системе и в системах двойных звезд) и т. д.

Сказанное не исключает возможности открытия новых законов природы, новых материальных космических объектов, количественные и качественные свойства которых сейчас еще совершенно неизвестны.

Единство мира проявляется также в том, что в космическом пространстве обнаруживается тесная связь и взаимная обусловленность многих явлений. Истинную картину связи между космическими объектами и явлениями удастся установить в результате тщательного научного анализа. Например, из анализа видимого распределения звезд был сделан вывод о существовании Галактики.

Проявление причинно-следственных связей можно обнаружить в нашей Солнечной системе, рассматривая смену времен года, наличие атмосферы на данной планете, связь солнечной актив-

ности с геофизическими явлениями, явление приливов и отливов и др.

Всеобщий характер взаимосвязи означает отсутствие в природе абсолютно изолированных объектов. Однако из этого не следует, как думали в XVIII в., что каждая часть Вселенной может существенно влиять на ход событий во всех других областях Вселенной. Всегда можно выделить ограниченное число главных связей, пренебрегая множеством остальных (слабых и несущественных) связей для данной квазиизолированной системы.

Движение материи

Движение — неотъемлемое свойство материи. Ознакомление с механическим движением небесных тел наглядно убеждает учащихся в отсутствии абсолютно неподвижных предметов. Основными движениями Земли являются ее вращение вокруг оси и обращение вокруг Солнца. Кроме того, Земля совершает сложные движения под действием притяжения Луны и планет, она вместе с Солнцем участвует в движении вокруг центра Галактики, движется вместе с Галактикой и т. д. Таким образом Земля, которую веками считали неподвижным центром мироздания, совершает большое количество движений в пространстве.

Грандиозную картину движения материи во Вселенной раскрывает внегалактическая астрономия, доказавшая, что все галактики движутся в пространстве с огромными скоростями, иногда превышающими половину скорости света.

Механическое движение является простейшей формой движения материи. В общем виде движение включает в себя любые изменения материальных объектов. Небесные тела не только перемещаются в пространстве, но и непрерывно изменяются, эволюционируют. Эти изменения удалось обнаружить не только на поверхности Солнца и в атмосферах планет, но и на Луне, которая длительное время представлялась совершенно «мертвым» телом. Открыты изменения, происходящие в мире звезд и галактик, несмотря на то что эволюция обычных «стационарных» звезд и звездных систем происходит чрезвычайно медленно. Изучение физически-переменных, новых и сверхновых звезд, активных процессов в ядрах галактик свидетельствует о том, что Вселенной свойственны не статические состояния, а бурная динамика и взрывы, сопровождающиеся выделением огромных энергий и переходами вещества из одного вида в другой, а также взаимопревращениями вещества и поля.

Важно, чтобы во время наблюдений (гл. III) учащиеся убедились в движении спутников Юпитера, вращении Солнца вокруг оси, перемещении планет и Луны на фоне звездного неба, в изменении блеска переменных звезд.

Пространство и время. Бесконечность и вечность Вселенной

Движение материи происходит в пространстве и во времени. Неотделимость пространства от материи подтверждается данными астрономии, свидетельствующими о том, что в природе нет пустого пространства, что всюду можно обнаружить такие виды материи, как вещество и разнообразные поля.

Развитие небесных тел происходит во времени. Открытие старых и молодых небесных объектов, установление важнейших этапов эволюции планет и звезд привело к тому, что современной науке приходится оперировать не только малыми промежутками времени, исчисляемыми миллионными долями секунды, но и огромными временными масштабами, в которых миллиард лет оказывается весьма удобной единицей измерения времени. Вне времени не могут существовать ни быстро распадающиеся элементарные частицы, живущие (по нашим земным часам!) всего лишь ничтожные доли секунды, ни колоссальные системы галактик, по сравнению со временем существования которых возраст нашей Солнечной системы не более чем мгновение.

Тесная связь пространства и времени с происходящими в них физическими процессами нашла свое отражение в теории относительности Эйнштейна.

Важно разъяснить учащимся, что пространство и время, как и движение, являются универсальными атрибутами материи, которые самостоятельно (без материи) существовать не могут.

Общемировоззренческий характер имеет проблема о бесконечности и вечности Вселенной. В пространственно-временной бесконечности Вселенной находит свое отражение бесконечное многообразие природы. Окружающий нас мир. реальная Вселенная бесконечны во времени и пространстве, хотя любая космическая система (Солнечная система, Галактика, Метагалактика) конечна. Вечность Вселенной следует из закона сохранения и превращения материи. Рассмотрение Вселенной как материального процесса исключает какой-либо момент ее образования, поскольку это при любых формулировках означало бы признание творения материи. При этом сейчас нередко подчеркивают недостаточность понимания бесконечности Вселенной во времени в смысле бесконечной длительности времени в направлении к прошлому и будущему. Время неотделимо от материи. Материя может существовать в еще неизвестных нам формах. Значит, в принципе возможно существование различных типов временных отношений. Следовательно, можно говорить о начале существования и конце существования Метагалактики, но это не означает начала и конца времени вообще.

Сходным образом бесконечность Вселенной в пространстве недостаточно понимать просто как ее бесконечную протяженность в любом направлении. Гегель, который правильно критиковал «дурную» бесконечность, сам в силу своего идеализма скатывался к ней

всякий раз, когда пытался пояснить бесконечность Вселенной в пространстве: «Как бы далеко мы ни отодвигали звезду, я могу пойти дальше. Мир нигде не заколочен досками». Так, действительно, можно пояснить неограниченность Вселенной. Однако при этом следует иметь в виду, что, во-первых, евклидово неограниченное пространство одновременно является бесконечным. Во-вторых, сами пространства, включающие «различные» метagalактики, могут иметь различные свойства (например, метрику), несводимые друг к другу.

Основной вопрос философии и коренные задачи науки

Основной вопрос философии об отношении сознания к бытию является научным критерием, позволяющим свести разнообразные философские течения к двум непримиримым лагерям — материализму и идеализму. В. И. Ленин в работе «Материализм и эмпириокритицизм» подчеркивал, что ядовитым вопросом для идеалистов является вопрос о существовании природы до человека. Данные космогонии, изучающей происхождение и развитие систем небесных тел, неопровержимо свидетельствуют о том, что Земля, планеты, звезды существовали значительно раньше, чем появился человек и оформилось его сознание, способное сначала лишь отражать объективно существующую природу, а затем оказывать на нее активное воздействие. Последнее возможно лишь при достаточно развитой науке, являющейся одной из форм общественного сознания.

На примере астрономии следует не только показать, как возникает наука, но и правильно объяснить ее назначение. В свое время средневековые распространители христианства заявляли, что после Христа вообще нет нужды ни в какой науке, что задача «истинной науки» — объяснить не то, как устроены небеса, а как надо жить на Земле, чтобы после смерти попасть на небо. В результате наука допускалась лишь в пределах веры и являлась «служанкой богословия». Современные буржуазные философы-идеалисты пытаются доказать, что целью науки XX в. является построение простой системы принципов, из которых можно математическим путем вывести наблюдаемые научные факты. Однако задача науки не может быть сведена ни к построению системы принципов, ни к формулировке общих законов, ни к слепому подражанию природе. «Высшее достижение науки — не там, где она подражает природе, а там, где она создает возможности для преобразования природы»¹. Ограничимся одним примером. Открытие источников энергии Солнца и звезд имеет фундаментальное значение для астрофизики. Однако специфические особенности термоядерного синтеза в недрах

¹ М. В. К е л д ы ш, Проблемы методологии и прогресс науки. Сб. «Методологические проблемы науки», изд. «Наука», 1964, стр. 224

звезд не позволяют «в готовом виде» заимствовать у природы механизм превращения водорода в гелий. Пришлось, в частности, вместо трудно протекающей реакции столкновения двух протонов использовать взаимодействие ядер дейтерия, получив изотоп гелия и нейтрон, т. е. заменить образование новой частицы (нейтрона) перегруппировкой частиц, содержащихся в исходных $[(n_1\text{H}^1) + (n_2\text{H}^1) \rightarrow (n_1n_2\text{H}^1) + n]$.

Познаваемость мира и его закономерностей

Вопрос о познаваемости мира неразрывно связан с основным вопросом философии и материальным единством мира. В отличие от различных направлений идеализма, отрицающих возможность познания природы, материалисты убеждены в возможности познания природы, реально существующего мира. Наука не могла бы развиваться, превращаясь в непосредственную производительную силу общества, если бы мир был непознаваем.

Материальное единство мира позволяет (в определенных пределах) распространять на космические объекты законы, установленные в земных лабораториях, т. е. познавать мир. Разумеется, что явления и законы в «космической лаборатории» могут найти важное применение в земных условиях. Познание истины — сложный процесс. «От живого созерцания к абстрактному мышлению и от него к практике — таков диалектический путь познания истины, познания объективной реальности»¹. В астрономии роль «живого созерцания» играют наблюдения, в практической пользе которых люди, как известно, убедились в глубокой древности. На протяжении многих веков астрономия была «чисто» наблюдательной наукой. Лишь в последнее время данные наблюдений стали дополняться экспериментами в космосе.

Непосредственные наблюдения знакомят человека с различными астрономическими явлениями: суточным и годичным вращением небесной сферы, видимым движением планет, солнечными и лунными затмениями, метеорами, различным цветом звезд, изменением блеска некоторых звезд. Развитие науки постепенно позволило вскрыть сущность указанных явлений, познать истинные законы природы и использовать их на благо человека. Науке удалось объяснить вращение небесной сферы суточным движением Земли, открыть законы движения планет, открыть причину затмений, объяснить метеорные явления, связать цвет звезд с их температурой, объяснить причину изменения блеска звезд. Данные астрономических наблюдений позволили установить важные закономерности в Солнечной системе и в мире звезд. В качестве примера укажем на закономерности в Солнечной системе, цикличность солнечной активности, соотношение

¹ В. И. Ленин, Сочинения, т. 38, стр. 61.

«спектр-светимость» и др. В процессе развития науки найденные закономерности уточняются на базе новых наблюдательных фактов. Подтверждением познаваемости мира и его закономерностей является определение расстояний до небесных тел, определение их размеров, масс, температур, скоростей, химического состава и т. д.

Основным критерием истинности научного знания является практика и, в частности, астрономические наблюдения. В. И. Ленин указывал, что в «практику, служащую нам критерием в теории познания, надо включить практику астрономических наблюдений»¹. Несоответствие астрономической гипотезы наблюдениям требует пересмотра гипотезы или отказа от нее. Научная теория, правильно трактующая данное явление, не только хорошо согласуется с наблюдениями, но и позволяет предвосхищать непосредственные телескопические открытия и заранее точно предсказывать наступление того или иного явления. Примером подтверждения правильности учения Коперника явилось открытие Нептуна.

Расчетные данные о расстояниях до небесных тел Солнечной системы сейчас проверены методами радиолокации. Искусственные спутники Земли и космические ракеты позволили обнаружить в космическом пространстве корпускулярные солнечные потоки, существование которых задолго до этого предсказывалось теорией. Сам факт движения спутников и ракет в поле тяготения Земли и Солнца по заранее предвычисленным орбитам является экспериментальным подтверждением правильности небесной механики.

Законы диалектики

На уроках астрономии представляется возможность иллюстрировать общие законы эволюции материи

а) *Закон единства и борьбы противоположностей*. В. И. Ленин неоднократно подчеркивал, что учение о борьбе противоположностей как всеобщем внутреннем источнике всякого развития есть ядро диалектики. Поясним это на нескольких астрономических примерах. «Стационарная» звезда типа нашего Солнца представляет единство двух основных противоположностей: силы тяготения и силы внутреннего газового давления. Силы тяготения сжимают газовый шар, но это действие уравнивается силами внутреннего давления раскаленной плазмы. Поэтому наблюдения не обнаруживают сколько-нибудь значительных изменений размеров Солнца.

Особую роль в астрофизике световое давление (частный случай сил отталкивания) играет в тех случаях, когда свет давит на небольшие частицы вещества. При этом величина светового давления может не только быть сравнимой с силой тяготения, но и превысить ее.

¹ В. И. Ленин, *Материализм и эмпириокритицизм*, Госполитиздат, 1953, стр. 23.

Учет фотогравитационного взаимодействия необходим при практическом решении проблем космической навигации.

В первоначальный период формирования Земли и планет из окружающего Солнце газово-пылевого облака лучевое давление, вероятно, играло существенную роль в «сортировке» частиц. Это могло предопределить различие наблюдаемого ныне химического состава планет: в состав более далеких от Солнца планет входят преимущественно легкие химические элементы, например водород, весьма распространенный в космическом пространстве.

Галактики представляют диалектическое единство двух противоречивых свойств. Они являются дискретными (прерывными) образованиями, поскольку состоят из отдельных звезд, хаотически движущихся относительно друг друга. Они являются непрерывными (сплошными) образованиями, поскольку расстояния между звездами малы по сравнению с размерами галактик и сами галактики обладают особым вращательным движением.

Исключительно важны для астрофизики тесно связанные друг с другом процессы излучения и поглощения, ионизации и рекомбинации, радиоактивный распад и синтез атомных ядер.

б) *Закон перехода количественных изменений в качественные.* Примером перехода количественных изменений в качественные является эволюция звезд. Наряду с медленным эволюционным развитием небесных тел происходит скачкообразный, взрывной переход количественных изменений в качественные (взрывы новых и сверхновых), взрывные процессы в ядрах галактик и т. д.

в) *Закон отрицания отрицания* имеет важное значение в теории познания. Движение научного знания происходит по восходящей спирали, как бы возвращаясь к прежней точке зрения, но уже на более высоком уровне. Так, гелиоцентрические идеи, выдвинутые греческим астрономом Аристархом Самосским (ок. 320—250 г. до н. э.), не получили распространения. Геоцентризм безраздельно господствовал до XVI в., когда было совершено открытие Коперника, получившее впоследствии всеобщее признание.

Гениальная догадка Бруно о природе звезд долгое время не могла быть научно обоснована и, по существу, отрицалась. Лишь в XIX—XX вв. удалось получить неопровержимые доказательства правильности его догадок.

Космогоническая гипотеза Канта (XVIII в.) отрицалась гипотезами, согласно которым Земля и планеты первоначально находились в раскаленном состоянии. Однако современная космогоническая гипотеза школы О. Ю. Шмидта исходит из концепций, имеющих много общего со взглядами Канта. Проявление закона отрицания отрицания можно найти и в явлениях природы, где одни качественные состояния сменяются другими в виде цепочки отрицаний. Например, с 21 марта, с начала весенне-летней половины года, уже проявляются признаки будущей зимы: с 21 марта день прибывает медленнее, а с 22 июня день уже убывает, хотя разгар лета еще впереди.

§ 5. АТЕИСТИЧЕСКОЕ ВОСПИТАНИЕ В ПРОЦЕССЕ ПРЕПОДАВАНИЯ АСТРОНОМИИ

Атеистическое воспитание следует рассматривать как составную часть формирования материалистического мировоззрения учащихся. Астрономия располагает богатейшими возможностями для разъяснения вопросов происхождения и сущности религии, наглядного показа борьбы религии против науки, а также преодоления религиозных предрассудков и суеверия.

Классики марксизма-ленинизма неоднократно указывали на необходимость материалистического объяснения источника веры и религии. Донаучные представления людей об окружающем мире сложились в условиях первобытнообщинного строя. Чувственное восприятие Земли и небесных светил в ту эпоху, конечно, не подвергалось критическому осмысливанию. Незнание законов природы и бессилие человека перед ней привело к возникновению веры в сверхъестественные силы природы. Многие характерные черты первобытных религиозных представлений (например, суеверия, обряды и др.) вошли в современные религии. До сих пор в «святых» книгах (Библия, Коран и др.) содержатся представления о плоской Земле, находящейся внизу и являющейся неподвижным основанием мира; о твердом куполе неба, простирающемся над Землей; о божественном сотворении мира в шесть дней и т. п. Критикуя это, учитель астрономии должен иметь в виду, что наивные библейские сказки современные богословы оправдывают тем, что бог будто бы говорил с людьми на языке того далекого времени, когда люди, вначале обладавшие весьма примитивным мышлением, не могли воспринять современную картину Вселенной. Поэтому якобы в настоящее время абсурдно и даже богохульно принимать библейские повествования буквально, так как в Библии содержатся символы, аллегорический смысл которых можно понять лишь с помощью богословского искусства.

Следует разоблачать не только антинаучность, но и реакционность религиозного мировоззрения. Религия внушает верующим мысль о том, что мир делится на две части — земную и небесную, причем жизнь человека на Земле — это лишь краткий миг, за которым следует вечное «царство небесное», в котором верующие, беспрекословно перенесшие страдания на Земле, обретут вечный покой. Этим религия отвлекает трудящиеся массы от революционной борьбы, помогает эксплуататорским классам держать народ в повиновении. Многовековая борьба двух основных направлений в философии: материализма и завуалированной формы религии — идеализма — нашла свое яркое проявление в борьбе за гелиоцентрическую систему мира Коперника.

Однако недостаточно указать на реакционную роль религии в связи с изучением эпохи утверждения гелиоцентрического учения. Необходимо проследить продолжение идеологической борьбы двух

мировоззрений вплоть до настоящего времени, когда объектами борьбы становятся открытия астрономов XX в. Например, используя теорию расширяющейся Вселенной, богословы пытаются «доказать», будто современная астрономия, открывшая красное смещение в спектрах галактик, свидетельствует о сотворении мира богом!

Через весь курс астрономии следует провести мысль о неприменимости науки и религии. В современную эпоху расцвета науки, в эпоху космических полетов, религия не может открыто выступать против науки, сжигать на кострах мыслителей, запрещать книги, содержащие научные открытия, и т. д. Однако борьба религии с наукой продолжается, хотя, например, Ватикан имеет свою астрономическую обсерваторию, а «отцы» православной русской церкви «сорадуются» успехам в освоении космоса и молятся за благополучное возвращение космонавтов на Землю. Изменилась лишь форма борьбы: яростное сопротивление сменилось видимым «согласием», и церковь повела свою идеологическую борьбу тоньше и осторожнее. Важно неоднократно возвращаться к мысли о том, что в отличие от религии, заставляющей принимать все на веру, астрономическая наука черпает свои сведения из наблюдений, выполняемых с помощью современных инструментов.

Религия издавна внушала верующим, что весь мир создан для человека, что Солнце, Луна и звезды существуют лишь для того, чтобы согреть и освещать человека, что «целесообразное» устройство Вселенной есть доказательство существования бога. Критикуя это, полезно заметить, что Земля получает лишь ничтожную часть энергии, излучаемой Солнцем, а вся остальная энергия «бесцельно» рассеивается в пространстве. Неизмеримо меньшее количество света и тепла Земля получает от звезд, в результате чего «здравый смысл» долго не мог отождествить звезды и Солнце.

Известно, что в нашей стране давно исчезла социальная подавленность трудящихся масс, которая, по словам В. И. Ленина, является самым глубоким корнем религии. Однако религиозные предрассудки еще не полностью изжиты. Поэтому важно «не пропустить» ни одного явления природы, материалистическое объяснение которого вскрывает бессмысленность религиозных предрассудков. Антирелигиозная пропаганда на уроках, внеклассных занятиях по астрономии, а также во время наблюдений неразрывно связана с основным учебным материалом: не должно быть безрелигиозным разъяснение причины и возможности предвидения затмений, появления комет и метеоров, физической природы небесных тел, устройства календаря, вопросов освоения космического пространства, проблем космогонии и т. д. При этом недостаточно, например, только сообщить учащимся об открытиях Галилея. Нужно дать им возможность увидеть в телескоп все то, что увидел Галилей, а затем объяснить (как это сделано в учебнике астрономии), почему эти открытия сыграли важную роль в обосновании учения Коперника.

§ 6. МЕТОДЫ ПРЕПОДАВАНИЯ АСТРОНОМИИ

Специфические особенности преподавания астрономии обусловлены в основном связью учебного материала с наблюдениями и крайней ограниченностью времени, отводимого на изучение курса астрономии в средней школе. Первое требует от учителя знания звездного неба, владения методикой проведения простейших телескопических наблюдений Луны, Солнца, планет и звезд, умения организовать групповые и индивидуальные наблюдения учащихся. Второе неизбежно приводит к экономии каждой минуты урока, его большой насыщенности и динамичности, что требует известных усилий и организованности от учителя и учащихся. Обучение астрономии складывается из изложения учителем программного материала на уроке, наблюдений, решения задач, закрепления учащимися материала по учебнику и конспекту, проверки знаний учащихся. Эффективность преподавания астрономии достигается координированием и взаимосвязью различных методов и форм.

Одним из основных методов изложения учебного материала на уроках астрономии является лекция, сопровождаемая демонстрацией моделей, наглядных таблиц, диафильмов и кинофильмов. Лекция позволяет полнее и строже изложить вопросы, требующие последовательного логического обоснования, и наиболее соответствует возрастным особенностям выпускников средней школы и специфике астрономии как учебного предмета. По ходу лекции учащиеся делают краткие записи, содержащие план лекции и замечания к отдельным пунктам плана. Необходимость систематического контроля усвоения учащимися учебного материала сокращает продолжительность лекции, которую, как это показано во второй части книги, лишь на отдельных уроках удается планировать на 45 мин. Некоторые учителя поручают объяснение отдельных вопросов нового материала по астрономии заранее подготовленным докладчикам, что хотя и способствует определенной активизации учащихся и приносит большую пользу докладчикам, но все-таки менее желательно, чем объяснение учителя. Целесообразность применения лекционного метода в преподавании астрономии подтверждается опытом преподавания астрономии в нашей стране и за рубежом.

Наглядность, роль которой достаточно обоснована современной педагогикой, имеет в астрономии особое значение. Применение различных наглядных пособий решает, как известно, следующие задачи:

а) фотографии и рисунки (диапозитивы, диафильмы), дополняя самостоятельные наблюдения учащихся, знакомят их с видом небесных объектов;

б) рисунки, чертежи, кинофильмы и модели дают возможность вскрыть сущность многих наблюдаемых явлений;

в) схемы, фотографии, модели инструментов облегчают учащимся понимание методов астрономических исследований, дают наглядное представление об основных астрономических инструментах.

При изложении курса астрономии используются хорошо зарекомендовавшие себя в преподавании физико-математических дисциплин методы индукции и дедукции. Индуктивному методу отдается предпочтение в тех случаях, когда необходимо выявить закономерности в мире планет и звезд, когда формируется представление о Галактике и Метагалактике и т. д. Дедуктивный метод особенно эффективен, когда изучаются законы движения небесных тел, рассматриваются вопросы космогонии и т. д. В процессе изучения астрономии дедукция и индукция не изолированы друг от друга, а тесно переплетаются, дополняя друг друга. Например, разъяснив учащимся общее положение материалистической философии, что жизнь возникает с неизбежностью на всякой планете, если на ней в процессе развития наступают благоприятные условия, можно оценить, насколько пригодны для жизни те или иные планеты Солнечной системы, физические условия на которых учащимся уже известны. Однако наряду с использованием здесь дедукции приходится обращаться к индукции, чтобы обосновать на основе физической природы планет их деление на две основные группы.

Важную роль в преподавании астрономии играет сравнительный метод. Удачное, образное сравнение облегчает учащимся восприятие пространственно-временных масштабов, которыми оперирует астрономия. Традиционным стало пояснение расстояний от Земли до Луны, Солнца, ближайших звезд с использованием промежутков времени, в течение которых эти расстояния преодолеваются реактивным самолетом, лучом света и т. д. Сравнение размеров и массы Солнца с размерами и массой Земли позволяет учащимся более наглядно представить себе размеры Солнца. Сравнение температуры солнечных пятен с температурой электрической дуги показывает, насколько условно представление о пятнах как облаках «охлажденного» газа. О необходимости подбора подходящих примеров и сравнений учителю следует помнить при чтении научно-популярной литературы.

В детском возрасте астрономией интересуются многие. К сожалению, в младших классах школы астрономия не преподается, поэтому этот естественный интерес к астрономии оказывается в большинстве случаев поверхностным, не выдерживающим испытания серьезным и систематическим изучением на пороге выпуска из школы. Старшеклассников заинтересовать астрономией труднее, чем младших школьников. Однако, заинтересовав учащихся, учитель значительно облегчит им процесс усвоения учебного материала. В этой связи важно на уроках и практических занятиях, внеклассных и внешкольных мероприятиях знакомить учащихся с некоторыми проблемами современной астрономии, обсуждаемыми в газетах и научно-популярной литературе. Роль учителя в данном вопросе состоит в том, чтобы оградить учащихся от влияния сенсационных антинаучных гипотез, которые, к сожалению, еще нередко проникают в прессу наряду с серьезными научными публикациями.

Учитель, стремящийся воспитать у своих учеников любовь и интерес к астрономии, найдет и раскроет перед учащимися удивительное в самых «обычных» астрономических явлениях (смена дня и ночи, смена времен года, вид звездного неба, перемещение Луны и планет на фоне звезд и т. д.). Научить замечать окружающие нас явления природы и уметь объяснить их — это и значит развивать у учащихся интерес к астрономии. Важное значение здесь имеет сама постановка вопроса: одно дело академически точно сформулировать тему, например «Методы определения расстояний до небесных тел», и сразу же приступить к ее изложению, другое — заинтересовать учащихся вопросом о том, каким же все-таки образом удалось измерить расстояние до Луны, планет, Солнца, звезд и т. д., т. е. поставить проблему, поинтересоваться мнением учащихся и лишь потом приступить к раскрытию темы. Еще один пример. Можно просто сообщить учащимся, что планеты на картах звездного неба не изображены, и объяснить почему. Но можно поступить иначе: используя карту и звездный атлас, познакомить учащихся с характерной фигурой какого-либо созвездия, в котором в данное время хорошо видна планета, а затем, ничего не говоря учащимся о планете, предложить им зарисовать созвездие во время самостоятельных наблюдений. Выполняя это задание, учащиеся сумеют «открыть» планету, а учитель на следующем уроке объяснит, в чем дело. Такой подход сближает лекционное изложение учебного материала с беседами, которые являются одним из активно обучающих методов проверки знаний учащихся на уроках астрономии.

§ 7. ДОМАШНИЕ ЗАДАНИЯ И СИСТЕМА УЧЕТА ЗНАНИЙ

Домашние задания

При недостатке времени, отводимого на преподавание астрономии, приходится уделять значительное внимание домашней работе учащихся.

Продумывая домашнее задание, следует прежде всего иметь в виду доступность, посильность задания для всех учащихся. Наряду с этим необходим дифференцированный подход к учащимся, учитывающий наличие в классе сильных учеников, которые с увлечением будут выполнять более трудные и интересные задания. Система дифференцированных заданий, стимулируя творческую активность учащихся, играет важную роль в выявлении и развитии их способностей. Необязательными для всех могут быть более трудные задачи, наблюдения, требующие значительной затраты времени (например, перемещение планет на фоне звездного неба), сочинения (рефераты) по отдельным темам курса, изготовление самодельных приборов и пособий (например, солнечные часы).

Немногочисленные задачи, задаваемые на дом, могут относиться не только к материалу изучаемой темы, но и касаться ранее изу-

ченных разделов курса астрономии. Некоторые задачи, например решаемые с подвижной картой, почти не требуют письменных пояснений. Решение вычислительных задач должно быть оформлено в тетрадях учащихся.

Плохая погода иногда затягивает выполнение наблюдений на длительный срок. Поэтому не следует на каждом уроке предлагать новые задания по проведению наблюдений: достаточно ежемесячно давать одно-два небольших задания.

Учет знаний учащихся

Успех преподавания астрономии зависит не только от хорошего изложения материала учителем и проведения наблюдений, но и от правильно организованной проверки знаний и навыков учащихся. Ссылаясь на недостаток времени, некоторые учителя аттестуют учащихся по одной-двум отметкам. Это, во-первых, создает условия для несистематической работы учащихся, во-вторых, ослабляет контроль за усвоением сообщаемого на уроках материала, т. е. теряется «обратная связь» в педагогическом процессе. Система учета знаний должна включать разнообразные формы и методы, умелое сочетание которых является показателем мастерства учителя.

Следует отдавать предпочтение тем формам учета знаний, которые активизируют учащихся. Такими формами прежде всего являются беседы с учащимися, проверочные письменные работы по темам отдельных уроков, зачеты по отдельным разделам курса.

В ходе беседы учитель ставит перед учащимися несколько вопросов по ранее пройденному материалу, привлекая к обсуждению этих вопросов нескольких учеников, дополняющих и уточняющих ответы друг друга. Подводя итоги беседы, учитель объявляет отметки.

Проверочные работы, рассчитанные примерно на 15 мин, являются эффективным средством контроля усвоения текущего материала. В проверочные работы можно включать упражнения со звездной картой, несложные расчетные задачи, а также вопросы, на которые учащиеся могут дать краткие и точные ответы в пределах нескольких строчек. Самостоятельность выполнения проверочных работ в значительной степени обеспечивается тем, что каждая работа имеет несколько вариантов, причем задания учащиеся получают на карточках. Этим одновременно достигается индивидуальный подход к учащимся. Наибольший интерес представляют своеобразные лабораторно-практические работы, выполнение которых не только допускает, но и требует от ученика использования учебника, звездной карты, «Школьного астрономического календаря» и т. п. Некоторые проверочные работы, предлагаемые вниманию учителя, приводятся во второй части этой книги.

После проведения проверочной работы, не ограничиваясь сообщением выставленных отметок, желательно проанализировать

с учащимися основные вопросы проверочной работы. Например, если в проверочную работу были включены задачи, решаемые с подвижной картой, то целесообразно поочередно вызвать к демонстрационной карте одного-двух учеников и разоборать с ними при активном участии всего класса один из вариантов проверочной работы. Дальнейшее обобщение опыта регулярного проведения подобных работ, несомненно, будет способствовать разработке проблем программированного обучения астрономии.

Одна из форм закрепления и проверки знаний учащихся — зачеты, которые проводятся во внеурочное время или на отдельных (зачетно-обзорных) уроках в конце каждого полугодия. Роль зачетов состоит в том, что, готовясь к ним, учащиеся повторяют наиболее важные разделы курса, получая обобщенное и систематизированное представление об учебном материале. В форме зачетов целесообразно прежде всего проверять знания тех учеников, которые из-за пропусков уроков или по каким-либо другим причинам имеют серьезные пробелы в знании отдельных тем или разделов курса астрономии. В этом случае, готовясь к зачету, учащиеся прорабатывают соответствующие параграфы учебника. Полезно перед зачетами, которые должны сдавать слабые ученики, провести небольшую консультацию. Цель и методы проведения зачетов будут иными, если зачеты организуются для сильных учеников. В этом случае после изучения той или иной темы желающим предлагается сдать зачет, включающий в себя не только материал учебника и записи, сделанные во время объяснения учителя, но и решение дополнительных задач, а также чтение дополнительной литературы, рекомендуемой учителем. На такую форму работы со способными учащимися пока обращается недостаточное внимание.

В отдельных случаях не удается избежать традиционного устного опроса у доски, но и он в преподавании астрономии приобретает свои особенности. Дело в том, что на уроках астрономии далеко не всегда удается выслушать у доски обстоятельные рассказы двух-трех учеников. Поэтому, планируя опрос, нужно формулировать вопросы так, чтобы на них можно было дать достаточно краткий ответ, вполне выявляющий понимание существа дела и умение ученика самостоятельно мыслить. Лишь в исключительных случаях следует требовать более детального объяснения. Можно ограничиться одним основным вопросом, требующим небольшого связного рассказа по материалу изучаемой темы, и дополнительным вопросом, включенным в список вопросов для повторения ранее пройденных тем.

Выбор формы учета знаний органически связан со спецификой учебного материала по астрономии. Так, материал, связанный с решением задач расчетного характера или применением подвижной карты неба и справочных пособий, можно контролировать проверочными работами. Наоборот, усвоение мировоззренческих вопросов, выяснение того, насколько они стали личным убеждением

учащихся, целесообразно проверять в беседах, на зачетах, во время ответов учащихся у доски.

Применяя различные формы проверки знаний, учитель получает возможность исключить недостатки одних форм и использовать преимущества других, что в конечном счете позволяет получить достаточно полное представление о знаниях учащихся.

§ 8. РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ В КУРСЕ АСТРОНОМИИ

Одной из форм, способствующих более сознательному и прочному усвоению учебного материала и отчетливому формированию астрономических понятий, является решение задач.

Задачи можно заимствовать из упражнений, имеющих в учебнике, выбрать наиболее легкие задачи из «Сборника задач и упражнений по астрономии» проф. Б. А. Воронцова-Вельяминова, а также из нового пособия «Задачи и упражнения по астрономии для средней школы» Б. А. Вольнского и др. Оригинальные задачи и вопросы публикуются в журнале «Физика в школе». В «Школьном астрономическом календаре» регулярно анализируются задачи олимпиад учащихся московских школ. Наконец, учитель может сам составлять задачи, основываясь на материале сообщений ТАСС о запусках искусственных небесных тел, справочных данных и т. п. Простые задачи, задаваемые на дом, должны помочь ученику проверить свои знания: решая задачу, он еще раз обратится к только что прочитанному тексту учебника и найдет в нем то, что осталось ранее незамеченным. Более трудные задачи целесообразнее разбирать на кружковых занятиях.

Школьные задачи по астрономии можно условно разделить на три вида:

- 1) вычислительные задачи;
- 2) задачи, решаемые с подвижной картой звездного неба;
- 3) задачи — вопросы.

Вычислительные задачи

Особый интерес представляют задачи, требующие простого предвычисления какого-либо явления, важного в практической жизни (например, расчет высоты Солнца в полдень). Желательно подобрать ряд задач, которые могли бы быть решены учащимися на уроках математики. Числовые данные для задач выбираются так, чтобы они соответствовали точности, с которой нужно получить окончательный результат. Например, для решения задачи о полуденной высоте Солнца достаточно взять из астрономического календаря склонение Солнца с точностью до $0^{\circ},5 - 1^{\circ},0$. Начинать решение задачи следует с выяснения ее астрономической сущности, обоснования применимости той или иной формулы. Получив числовой

результат, важно наглядно представить себе его, подобрав подходящие сравнения. В силу специфики астрономии в ней далеко не всегда целесообразно использовать Международную систему единиц СИ. Астрономические вычисления весьма осложнились бы, если отказаться от выражения расстояний до звезд в парсеках, а до тел Солнечной системы в астрономических единицах; светимостей звезд в единицах светимости Солнца, масс и радиусов звезд соответственно в единицах массы и радиуса Солнца, масс и радиусов планет соответственно в единицах массы и радиуса Земли и т. д. Рассмотрим кратко несколько примеров вычислительных задач, взятых преимущественно из учебника астрономии.

Задача 1. Марс дальше от Солнца, чем Земля, в 1,52 раза. Чему равен «год» Марса?

Обозначая через P_M и P соответственно сидерические периоды Марса и Земли, а через a_M и a — средние расстояния этих планет от Солнца, записываем условие задачи и ее решение.

$$\left. \begin{array}{l} a_M = 1,52 a. e. \\ a = 1 a. e. \\ P = 1 \text{ год} \\ P_M = ? \end{array} \right\} \begin{array}{l} \frac{P_M^2}{P^2} = \frac{a_M^3}{a^3}; \quad P_M^2 = P^2 \frac{a_M^3}{a^3} \\ P_M = P \sqrt{\frac{a_M^3}{a^3}} = 1 \cdot \sqrt{\frac{1,52^3}{1^2}} = \\ = 1,52 \sqrt{1,52} \approx 1,9 \text{ года.} \end{array}$$

Задача 2. Вычислить, на каком расстоянии от Земли находится та точка, в которой притяжения Земли и Луны одинаковы, зная, что расстояние между Луной и Землей равно 60 радиусам Земли, а массы Земли и Луны относятся как 81 : 1.

Пусть искомая точка находится на расстоянии x от Земли. Тогда любое тело массой m_0 , помещенное в эту точку, притягивается Землей с силой

$$F_1 = \gamma \frac{Mm_0}{x^2},$$

Луной —

$$F_2 = \gamma \frac{mm_0}{(r-x)^2},$$

где M и m — соответственно массы Земли и Луны, γ — постоянная тяготения. r — расстояние от Земли до Луны. По условию задачи $F_1 = F_2$, поэтому

$$\gamma \frac{Mm_0}{x^2} = \gamma \frac{mm_0}{(r-x)^2},$$

или

$$81(60-x)^2 = x^2.$$

Откуда $x = 54$ радиусам Земли.

Задача 3. Какую начальную круговую скорость нужно сообщить телу, поднятому на высоту 630 км, чтобы оно превратилось в искусственный спутник Земли?

$$M_0 = 6 \cdot 10^{24} \text{ кг}$$

$$\gamma = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ н} \cdot \text{м}^2/\text{кг}^2$$

$$h = 6,30 \cdot 10^5 \text{ м}$$

$$R_0 \approx 6,37 \cdot 10^6 \text{ м}$$

$$R_0 + h = 7 \cdot 10^6 \text{ м}$$

$$v_1 = ?$$

Поскольку речь идет о величине первой космической скорости для заданной высоты над поверхностью Земли, то воспользуемся формулой:

$$v_1 = \sqrt{\frac{\gamma M}{R_0 + h}}$$

Вычисления выполним в системе единиц СИ.

$$v_1 = \sqrt{\frac{6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 6 \cdot 10^{24}}{7 \cdot 10^6}} \approx 7,6 \cdot 10^3 \text{ м/сек}; \quad v_1 \approx 7,6 \frac{\text{км}}{\text{сек}}$$

Задача 4. Вычислить круговую и параболическую скорость на поверхности Марса.

Если выразить массу Марса (m_m) и радиус Марса (r_m) в единицах массы и радиуса Земли (M_z и r_z), то, как видно из приложения VI к учебнику, $m_m = 0,11$, а $r_m = 0,53$. Сравним v_z и v_m . Откуда

$$v_m = v_z \sqrt{\frac{M_m r_z}{r_m M_z}}; \quad v_z = 7,9 \frac{\text{км}}{\text{сек}}$$

$$\text{Поэтому } v_m = 7,9 \sqrt{\frac{0,11}{0,53}} \approx 3,5 \frac{\text{км}}{\text{сек}}$$

Задача 5. Сколько времени надо лететь с Земли на Марс, если двигаться по орбите, перигелийное расстояние (q) которой равно расстоянию от Земли до Солнца, а афелийное (r_m) составляет 1,5 а. е.?

$$q = 1 \text{ а. е.}$$

$$r_m = 1,5 \text{ а. е.}$$

$$t = ?$$

Поскольку большая ось эллиптической орбиты есть $2a = r_m + q$, то $a_{\text{кор}} = \frac{r_m + q}{2}$,

т. е. большая полуось орбиты корабля будет $a = 1,25 \text{ а. е.}$

Применяя третий закон Кеплера к движению Земли вокруг Солнца и корабля в поле тяготения Солнца, получим:

$$\frac{P_{\text{кор}}^2}{P^2} = \frac{a_{\text{кор}}^3}{a^3},$$

откуда сидерический период корабля $P_{\text{кор}} = 1,4$ года, а искомое время полета $t = \frac{P_{\text{кор}}}{2} = 0,7$ года.

Задача 6. Параллакс Солнца равен $8'',80$, а его видимый радиус — $16'$. Во сколько раз Солнце больше Земли по диаметру?

$$\left. \begin{array}{l} \rho_{\odot} = 8'',80 \\ \rho_{\odot} = 960'' \\ \hline R_0 = ? \end{array} \right| \text{Поскольку } R_{\odot} = R_0 \frac{\rho_{\odot}}{r_{\odot}}, \text{ где } R_0 \text{ — радиус Земли, то}$$

$$R_{\odot} \approx 109 R_0; \quad D_{\odot} \approx 109 D_0.$$

Задача 7. Широта Ленинграда 60° , Еревана 40° . Определить полуденные высоты Солнца в этих городах в летнее и в зимнее солнцестояние и сравнить их.

$$\left. \begin{array}{l} \varphi_{\text{Л}} = 60^\circ \\ \varphi_{\text{Е}} = 40^\circ \\ \delta_1 = +23^\circ,5 \\ \delta_2 = -23^\circ,5 \\ \hline h_{\text{Л}} = ? \\ h_{\text{Е}} = ? \end{array} \right| \text{Полуденная высота Солнца равна: } h = 90^\circ - \varphi \pm \delta.$$

Полуденные высоты Солнца в Ленинграде и Ереване в день летнего солнцестояния соответственно равны:

$$h_{\text{Л}} = 90^\circ - 60^\circ + 23^\circ,5 = 53^\circ,5;$$

$$h_{\text{Е}} = 90^\circ - 40^\circ + 23^\circ,5 = 73^\circ,5.$$

Аналогично для дня зимнего солнцестояния получаем:

$$h_{\text{Л}} = 90^\circ - 60^\circ - 23^\circ,5 = 6^\circ,5;$$

$$h_{\text{Е}} = 90^\circ - 40^\circ - 23^\circ,5 = 26^\circ,5.$$

Легко видеть, что полуденные высоты Солнца в Ленинграде и Ереване отличаются так же, как и географические широты этих пунктов. Действительно:

$$h_{\text{Е}} - h_{\text{Л}} = -(\varphi_{\text{Е}} - \varphi_{\text{Л}}).$$

Задача 8. Определить местное время в Риге, когда в Чите по декретному времени полдень.

$$\left. \begin{array}{l} \lambda_{\text{Р}} = 1^{\text{ч}} 35^{\text{м}},5 \\ n_{\text{Ч}} = 8 \\ n_{\text{Р}} = 2 \\ T_{\text{дЧ}} = 12^{\text{ч}} \\ \hline t_{\text{м}}^{\text{Р}} = ? \end{array} \right| \text{Известно, что } T_{\text{н}} = t_{\text{м}} - (\lambda - n), \text{ откуда } t_{\text{н}} =$$

$= T_{\text{н}} + (\lambda - n)$. Чтобы узнать местное время в Риге ($t_{\text{м}}^{\text{Р}}$), нужно, кроме данных задачи, найти $T_{\text{н}}^{\text{Р}}$ (поясное время в Риге) в момент, когда поясное время в Чите $11^{\text{ч}}$. Так как Чита находится в VIII поясе, а Рига во II, то, очевидно, искомое

поясное время $T_{\text{н}}^{\text{Р}} = 5^{\text{ч}}$. Тогда

$$t_{\text{м}}^{\text{Р}} = 5^{\text{ч}} + (1^{\text{ч}} 36^{\text{м}},5 - 2^{\text{ч}});$$

$$t_{\text{м}}^{\text{Р}} = 4^{\text{ч}} 36^{\text{м}},5.$$

Задача 9. Показание часов, идущих по местному времени, $23^{\text{ч}} 13^{\text{м}}$ в момент, когда по радио были приняты сигналы, указывающие, что в Гринвиче полдень. Чему равна долгота местности?

$$\begin{array}{l} t_{\text{м}_1} = 23^{\text{ч}} 13^{\text{м}} \\ t_{\text{м}_0} = 12^{\text{ч}} \\ \lambda_0 = 0^{\circ} \\ \hline \lambda_1 = ? \end{array}$$

$$\begin{aligned} \lambda_1 - \lambda_0 &= t_{\text{м}_1} - t_{\text{м}_0}; \\ \lambda_1 &= 23^{\text{ч}} 13^{\text{м}} - 12^{\text{ч}} = 11^{\text{ч}} 13^{\text{м}}. \end{aligned}$$

Примеры задач, решаемых с подвижной картой звездного неба

1. Какие созвездия и наиболее яркие звезды будут видны сегодня в 21 ч?
2. Видно ли сегодня вечером созвездие Льва? Какое время года наиболее удобно для наблюдения этого созвездия?
3. Какие созвездия являются незаходящими в данной местности?
4. Определите местное время восхода, верхней кульминации и захода звезды Бетельгейзе 5 ноября. Сравните со временем восхода этой звезды 25 ноября. Сделайте вывод.
5. Даны координаты яркой звезды: $\alpha = 4^{\circ} 32'$, $\delta = +16^{\circ} 20'$. Что это за звезда?
6. Определите по карте экваториальные координаты Сириуса.
7. 29 августа в 23 ч по местному времени штурман заметил в северной части горизонта на одинаковых азимутах, но по разные стороны от точки севера две яркие звезды. Назовите их и ответьте, какая звезда заходит, какая восходит.
8. Определите, через сколько времени после верхней кульминации звезды α Кассиопеи (Альферац) через меридиан пройдут звезды Альдебаран, Капелла, Альтаир, Денеб.
9. Зная, в каком созвездии сейчас находится данная планета, определите, какое время суток наиболее благоприятно для ее наблюдения.
10. Пользуясь подвижной картой звездного неба, приближенно определите азимут, высоту и зенитное расстояние Денеба 15 сентября в 22 ч.
11. Чему примерно равен часовой угол Веги 10 сентября в 19 ч местного времени?
12. В каком зодиакальном созвездии находится Солнце в данный день?
13. Определите экваториальные координаты Солнца в данный день.

14. Определите время восхода и захода Солнца сегодня, а также продолжительность дня и ночи.

15. Проследите, как в течение года меняются азимуты точек восхода и захода Солнца.

16. Проследите, как на протяжении года меняется полуденная высота Солнца.

Для решения задач 1—11 достаточно уметь пользоваться подвижной картой звездного неба; задачи 5, 6 и аналогичные им удобно решать со звездным атласом. Основные указания для решения задач 12—16 даны в разработках соответствующих уроков.

Задачи-вопросы

При решении этих задач учащиеся должны отчетливо представлять себе астрономические явления, уметь разбираться в их взаимосвязи и делать верные логические умозаключения и выводы. Такие задачи способствуют развитию пространственного представления и мышления учащихся. Задачи-вопросы можно подобрать к любой части курса астрономии, но они особенно полезны в тех случаях, когда изучаемые явления рассматриваются с качественной стороны без применения формул. Рассмотрим несколько примеров.

Задача 1. На каком наибольшем угловом расстоянии от α Центавра может быть видна с Земли планета, которая, допустим, обращается вокруг этой звезды на расстоянии 150 000 000 км?

Эта задача не требует никаких вычислений. Если учащийся усвоил понятие годичного параллакса, то ему будет ясно, что с Земли радиус орбиты указанной планеты должен быть виден под таким же углом, т. е. искомый угол равен $0'',76$.

Задача 2. Широта местности 57° . На каком расстоянии от зенита небесный экватор пересекается с небесным меридианом? Какова высота высшей точки небесного экватора над небесным горизонтом?

Ответ на данный вопрос можно получить из рассмотрения чертежа небесной сферы (для широты 57°). При этом нетрудно обнаружить, что широте равна не только высота полюса мира, но и искомое зенитное расстояние точки пересечения небесного меридиана с небесным экватором. Следовательно, зенитное расстояние высшей (по отношению к горизонту) точки экватора равно 57° , а ее высота 33° . Ход рассуждений можно пояснить на модели небесной сферы.

Задача 3. Широта Ленинграда 60° . Можно ли там видеть обе кульминации звезды Веги, если ее склонение $+39^\circ$?

Известно, что все звезды, у которых $\delta \geq 90^\circ - \varphi$, являются незаходящими в данной местности. Поэтому Вега в Ленинграде является незаходящей звездой. Полученный результат можно иллюстрировать на модели небесной сферы.

З а д а ч а 4. Сойдутся ли в счете дат два кругосветных путешественника, одновременно выехавшие из Москвы 1 мая один на запад, другой на восток и проезжающие по 15° по долготе за сутки?

Путешественники возвратятся в Москву через 24 дня. Тогда (а также при их встрече в 14-м часовом поясе) счет их дат совпадет: едущий к востоку, пересекая линию изменения дат (отстоящую от Москвы к востоку на 143° , а к западу на 217°), будет считать один и тот же день дважды, а едущий к западу выпустит одни сутки из счета. Это связано с тем, что первый за время путешествия совершил вокруг оси Земли на один оборот меньше по сравнению с пунктом, который он покинул, а второй — на один оборот больше.

З а д а ч а 5. Луна около полнолуния. Как в это время выглядит Земля при наблюдении ее с Луны?

Если учащиеся хорошо усвоили основные фазы Луны, то они без труда предскажут, что фазы Земли при наблюдении с Луны будут «противоположными», т. е. в полнолуние будет наблюдаться «новоземелие».

З а д а ч а 6. Можно ли с Северного полюса Земли наблюдать солнечное затмение 15 ноября?

Вспомнив, что с начала октября до середины марта Солнце на Северном полюсе находится под горизонтом, учащиеся ответят на вопрос задачи отрицательно.

§ 9. ШКОЛЬНЫЙ АСТРОНОМИЧЕСКИЙ КРУЖОК

Кружок — основная форма внеклассной работы по астрономии. Опыт работы школьных астрономических кружков показывает, что деятельность кружка приносит пользу не только его членам, но и всей школе (изготовление самодельных приборов; проведение научно-атеистических бесед в классах и на пионерских сборах; организация школьных астрономических вечеров, конференций, выставок, витрин занимательной науки; выпуск школьной астрономической газеты или календаря). Руководителем кружка может быть учитель физики, географии, математики, студент педагогического института или университета, местный астроном-любитель или старшеклассник, серьезно заинтересовавшийся астрономией.

Школьный астрономический кружок следует рассматривать как центр проводимой в школе работы по астрономии и как центр научной антирелигиозной пропаганды. Отобрав для работы в кружке вначале небольшое количество учащихся, можно рассчитывать на дальнейшее расширение кружка путем ежегодной организации групп новичков.

Наиболее перспективным является кружок, первоначально организованный из учащихся VII—IX классов, так как серьезная круж-

ковая работа с младшими школьниками встречает трудности, связанные с их недостаточной общей подготовкой, а возможности систематических кружковых занятий с учащимися десятых классов ограничены загруженностью школьников этого возраста.

Начиная работу с кружком, следует прежде всего организовать занимательные «теоретические» занятия. Эти занятия могут проводиться в форме лекций руководителя, докладов кружковцев, занятий по разбору вопросов и задач. Основным принципом проведения теоретических занятий является максимальная активность кружковцев. Это относится и к лекциям руководителя: небольшое количество кружковцев, их интерес к изучаемой науке и наличие достаточного времени для обстоятельного рассмотрения вопросов позволяют руководителю во время лекции вовлечь кружковцев в оживленную беседу. При проведении лекций и докладов в кружке необходимо использовать имеющиеся в школе приборы и наглядные пособия по астрономии.

Роль наблюдений в кружке очень велика. Учащиеся в течение всего года изучают звездное небо, проводят простейшие практические работы по астрономии. В кружке формируются навыки наблюдений Солнца, Луны, переменных звезд и метеоров. В регулярно работающем кружке наблюдения по своей методике и организации близки к научно-исследовательским работам любителей астрономии. Однако рискованно основывать только на наблюдениях всю работу, хотя сама идея кажется заманчивой. Из-за плохой погоды кружок, в основу деятельности которого положены занятия под открытым небом, будет работать крайне нерегулярно. Это расхолаживает ребят, а иногда вообще полностью срывает работу кружка. Поэтому нужно рассматривать наблюдения в кружке как важную, но не единственную форму работы.

Планирование работы кружка может основываться на недавно изданной двухгодичной программе. В конце каждого учебного года можно организовать заключительные зачетные занятия, на которых подводятся итоги работы и проверяется прочность приобретенных знаний и навыков. Лучшие кружковцы представляют школу на районных и городских астрономических (или астрономо-географических) олимпиадах.

Начиная со второго полугодия первого года занятий, необходимо, постепенно выявляя интересы и склонности ребят, предлагать им темы визуальных и фотографических наблюдений Солнца, планет, Луны, метеоров, переменных звезд, ИСЗ. Окончательно вопрос о выборе индивидуальных тем можно решить к середине второго года занятий. Учитывая ограниченность инструментов, целесообразнее взять для начала две-три темы (например, наблюдения Солнца и метеоров; Луны, планет и Солнца; переменных звезд и метеоров и т. д.). В последние месяцы второго года занятий кружковцы проводят наблюдения по индивидуальному плану. После второго года занятий некоторые учащиеся могут уже сами руководить млад-

шей группой в кружке; быть ассистентами учителя при проведении наблюдений в X классе.

Темами докладов (в порядке изучения курса астрономии), в кружке, состоящем из десятиклассников, могут быть следующие: «Земля как планета», «Современные методы определения расстояний до небесных тел Солнечной системы», «Вывод третьего закона Кеплера для случая кругового движения», «Научные и практические задачи, решаемые с помощью ИСЗ», «Определение географических координат в мореплавании и авиации», «История календаря», «Крупнейшие телескопы мира», «Понятие о предвычислении солнечных и лунных затмений», «Физика Венеры и Марса», «Современные представления о Солнце», «Проблема Солнце — Земля», «Внутреннее строение звезд и источники звездной энергии», «Переменные звезды», «Как была открыта Галактика», «Важнейшие достижения внегалактической астрономии», «Современная наука об эволюции звезд и галактик», «Основные этапы эволюции Земли и планет», «Жизнь во Вселенной» и др.

Кроме докладов, на занятиях кружка для X класса желательно разбирать «олимпиадные» задачи по астрономии. Особенно важно заинтересовать кружковцев-десятиклассников астрономическими наблюдениями, что значительно поможет учителю при проведении групповых наблюдений со всем классом.

§ 10. НЕКОТОРЫЕ ФОРМЫ ВНЕШКОЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО АСТРОНОМИИ

Учебные лекции по астрономии, читаемые в планетариях

Эти лекции, организуемые в помощь изучающим астрономию, не заменяют уроков астрономии в школе. Они являются прекрасным дополнением к урокам благодаря демонстрационным возможностям аппаратов «планетарий». «Планетарий» облегчает изучение звездного неба, помогает разъяснить основные понятия сферической астрономии, дает наглядное представление о некоторых астрономических явлениях (затмения Солнца и Луны, появление комет, метеорные дожди, полярные сияния, смена фаз Луны, видимое суточное и годичное движение планет, Луны, Солнца и т. д.). Лекции сопровождаются показом большого количества цветных диапозитивов и отрывков из учебных и научно-популярных кинофильмов.

После посещения учебных лекций следует выяснить у учащихся, что им было непонятно, что они узнали нового, что им особенно понравилось. Желательно сообщать лекторам планетария свои предложения по научному и методическому совершенствованию лекционных циклов. При объяснении учебного материала на уроках следует постоянно возвращаться к тому, что учащиеся видели в планетарии.

Астрономические кружки и клубы при планетариях и народных обсерваториях

Опыт внешкольной работы по астрономии требует обстоятельного обобщения. На базе планетариев, народных обсерваторий, станций юных техников в крупных центрах все чаще организуются городские кружки и клубы юных любителей астрономии. Учителю астрономии полезно знать о работе этих коллективов и популяризировать их деятельность среди своих учащихся. Ограничимся несколькими примерами.

С 1935 г. систематически ведется кружковая работа в Московском планетарии, где кружковцам предоставляется Большой демонстрационный зал, народная обсерватория, многочисленные приборы и наглядные пособия. Здесь кружковцы по особым программам изучают теоретические вопросы астрономии, проводят научно-любительские наблюдения, участвуют в пропагандистской работе на астроплощадке, астропунктах, при выездах агитавтобусов планетария и т. д. Работа кружков при планетарии координируется советом кружков. Отдельные кружки имеют свои выборные органы самоуправления (бюро), редколлегия кружковой стенгазеты. Сходную структуру и содержание работы имеют астрономические кружки при Московском Дворце пионеров.

В 1963 г. в г. Симферополе силами любителей астрономии в основном закончено строительство Крымской областной юношеской обсерватории (рис. 1). Обсерватория, в обслуживании которой активное участие принимают симферопольские школьники, проводит научную работу в «звездно-солнечном», «метеорно-планетном» и «геофизическом» отделах. Кроме того, «оптическая» группа занимается изготовлением телескопов и деталей к ним. Постепенно обсерватория становится не только важным центром внешкольной работы по астрономии, но и центром распространения методических знаний, необходимых учителям астрономии и руководителям различных внешкольных учреждений.

В 1962 г. в Новосибирске начали строить областную детскую обсерваторию и на ее базе развернули работу нескольких астрономических кружков.

С 1958 г. работает клуб юных астрономов при народной обсерватории Дворца культуры московского автозавода им. Лихачева. Члены клуба систематически наблюдают небесные светила, изготовляют приборы и наглядные пособия, организуют выставки, общеклубные вечера, участвуют в проведении массовых мероприятий среди населения.

Тесно связана с внешкольной работой по астрономии деятельность кружков и клубов юных космонавтов. Интересен опыт работы Ленинградского клуба юных космонавтов им. Г. С. Титова, организованного в 1962 г. Общее руководство клубом осуществляет Городским советом друзей юных космонавтов г. Ленинграда



Рис. 1. Крымская областная юношеская астрономическая обсерватория.

(председатель — Главный маршал авиации профессор А. А. Новиков). В двухгодичной программе работы клуба, включающей занятия по ракетостроению, аэродинамике, радиотехнике, космической медицине, специальной и физической подготовке и др., свыше 60 ч отводится на изучение астрономии как важной составной части подготовки космонавтов. Занятия по астрономии в клубе проводятся по программе, охватывающей все разделы астрономии. Успешно окончившим клуб присваивается звание «Юный космонавт», выдается диплом, нагрудный значок и рекомендация для поступления в высшее специальное и среднее учебное заведение.

Экскурсии по астрономии

Объектами экскурсий могут быть планетарии, народные обсерватории, астрономические обсерватории, широтные и актиметрические станции, действующие гелиотехнические установки, а также выставки, посвященные достижениям нашей страны в освоении космического пространства. Подготовка учащихся к экскурсии проводится в зависимости от объекта и цели экскурсии. Так, планетарии, народные обсерватории и выставки можно посещать до изучения учебного материала. На материале этих экскурсий можно будет в дальнейшем основывать объяснение тех или иных вопросов астрономии.

Перед экскурсией на астрономическую обсерваторию учитель (заранее ознакомившийся с обсерваторией) должен рассказать учащимся о том, какие инструменты им предстоит увидеть, и об основном профиле работы данной обсерватории. Во время экскурсии следует сосредоточить внимание школьников на основных инструментах, звездных атласах и каталогах обсерватории. Важно кратко ознакомить учащихся с научной «продукцией» обсерватории (фотографиями небесных тел, спектрограммами и т. п.).

§ 11. ПОДГОТОВКА К ПРЕПОДАВАНИЮ АСТРОНОМИИ

Предварительная подготовка к преподаванию астрономии

Современная астрономия является сложной физико-математической дисциплиной. Поэтому лучше всего, если она преподается в школе учителем физики, знающим вопросы, связанные с законом всемирного тяготения, с принципами запусков искусственных небесных тел, со спектральным анализом, телескопами и т. д. Кроме того, учителя физики владеют методикой решения качественных и количественных задач. Однако это не исключает возможности преподавания астрономии учителями географии или математики, но делает желательным знакомство этих учителей не только с курсом астрономии, но и физики. Для них будут полезны

те физические вопросы, которые затрагиваются в поурочных разработках.

Предметом особого внимания учителя астрономии должны быть философские и атеистические вопросы астрономии. Перед началом преподавания следует пополнить свои знания по астрономии, познакомиться с особенностями астрономии как учебного предмета, подготовить и просмотреть приборы и наглядные пособия, познакомиться с методическими рекомендациями проведения наблюдений и, наконец, выбрать наиболее приемлемые к условиям школы формы внеклассной или внешкольной работы.

Следует выяснить, какими книгами по астрономии располагают районная и школьная библиотеки, просмотреть эти книги и вывесить в помещении школьной библиотеки список рекомендуемой литературы по астрономии.

Преподавание астрономии значительно облегчается, если материал наблюдений накоплен учащимися до изучения систематического курса астрономии. Перед летними каникулами полезно побеседовать с девятиклассниками, познакомить их с подвижной картой звездного неба, дать несложные задания, связанные с наблюдениями невооруженным глазом. Ознакомление со звездным небом, видом Млечного Пути, наблюдение августовского метеорного потока Персеид и т. п. не обременяет учащихся во время их летнего отдыха. Астрономические наблюдения в теплые и ясные июльские и августовские вечера в дачной или сельской местности, во время туристских походов или поездок в южные районы нашей страны, когда вид звездного неба невольно приковывает к себе внимание, способствуют формированию устойчивого интереса к изучению астрономии.

Кроме того, нужно иметь в виду, что в летний период во многих городах интенсивно разворачивается работа народных обсерваторий и астрономических площадок при парках, клубах, Домах культуры. Поэтому, сообщив учащимся расписание работы ближайшей народной обсерватории, следует настоятельно рекомендовать им выбрать время для наблюдения в телескоп Солнца, Луны, планет.

Планирование курса

Проведение уроков астрономии в соответствии с твердым расписанием (1 ч в неделю) облегчает календарное планирование материала перед началом учебного года.

Наблюдения и практические занятия проводятся вне расписания. При этом далеко не всегда удается сопровождать, например, рассказ о рельефе Луны показом Луны в телескоп, объяснение фаз Венеры наблюдением Венеры в телескоп, рассказ о солнечных пятнах наблюдением пятен на экране и т. д. Поэтому планирование наблюдений должно быть более гибким, чем планирование уроков. Однако и при изложении учебного материала не исключается некоторая перестановка тем (а может быть, и взаимообразная замена

уроков физики и астрономии), если представляется благоприятная возможность для наблюдений. Например, нельзя не воспользоваться наличием на Солнце эффективной группы пятен, появлением яркой кометы и других явлений, к которым иногда целесообразно приурочить объяснение соответствующего теоретического материала.

Учет специфики сельских, вечерних и специальных школ

Количество часов, отводимых на изучение астрономии в десятых классах сельских и городских школ, одинаково. Поэтому планирование курса астрономии в городских и сельских школах может быть сходным. В сельской местности легче проводить наблюдения, чем в городе. Это позволяет значительную часть курса основывать на наблюдениях и сравнительно часто проводить уроки на простейшей астрономической площадке под открытым небом. Уроки под открытым небом позволяют акцентировать внимание при опросе учащихся на правильном объяснении и научно-атеистическом истолковании явлений, наблюдаемых невооруженным глазом или в телескоп (суточное вращение небосвода, восход и заход светил, изменение фаз Луны, видимое перемещение Луны и планет на фоне звезд, затмения, метеоры, движение искусственных спутников Земли, появление солнечных пятен и т. д.).

На курс астрономии в вечерних (сменных) городских и сельских школах отводится почти вдвое меньше часов, чем в дневных, и астрономия изучается во втором полугодии. Поэтому приходится изучать лишь важнейшие мировоззренческие и практические вопросы курса, а наблюдения проводить преимущественно весной. В городских вечерних (сменных) школах особое значение приобретают посещение учебных лекций в планетарии и беседы с учащимися по материалу прослушанных лекций. В сельских вечерних школах как и в дневных, необходимо всемерно использовать возможность проведения уроков астрономии под открытым небом.

Основным методом аттестации учащихся в вечерних школах являются зачеты, которые могут быть проведены в часы консультаций, и итоговый зачет. Необходимость строгого отбора материала для изучения в вечерних школах вынуждает полностью перенести на уроки физики рассмотрение устройства телескопов, использования фотографии и спектрального анализа в астрономии, а также ряд других смежных вопросов обоих учебных предметов. Не следует стремиться к подробному изложению, отдавая предпочтение простейшим методам формирования астрономических понятий. Это прежде всего относится к изложению вопросов сферической и практической астрономии, поскольку в школьном преподавании можно легко, обойтись без применения понятия небесной сферы, ограничившись наблюдениями и использованием подвижной карты звездного неба.

В вечерних школах возможно следующее примерное распределение учебного материала по урокам (в скобках указаны номера параграфов учебника):

1. Предмет астрономии (§ 1—3).
2. Геоцентрическая и гелиоцентрическая системы мира (§ 9—13).
3. Определение расстояний до небесных тел и размеров небесных тел (§ 15, 16, 19).
4. Искусственные спутники Земли и космические полеты (§ 20).
5. Определение положений светил по их горизонтальным и экваториальным координатам (§ 21, 22).
6. Связь высоты полюса мира с географической широтой (§ 24).
7. Понятие об измерении времени (§ 29, 30).
8. Движение и физическая природа Луны (§ 35—37).
9. Общий обзор планет Солнечной системы (§ 38—41).
10. Кометы и метеоры (§ 43—45).
11. Физическая природа Солнца (§ 46—48).
12. Основные физические характеристики звезд (§ 50, 51).
13. Звездные скопления. Диффузная материя (§ 53, 55).
14. Галактики. Бесконечность Вселенной в пространстве (§ 54, 56).
15. Современные представления о происхождении небесных тел. Бесконечность Вселенной во времени (§ 57—59).
16. Заключительный урок.

Следует указать на необходимость улучшения преподавания астрономии в средних специальных школах. В этом отношении интересен опыт экспериментального преподавания астрономии на английском языке, осуществленного в школе № 4 г. Ярославля проф. В. В. Радзиевским и доц. Б. А. Волынским. Если учитель астрономии не владеет языком настолько, чтобы вести на нем курс, то ему во время объяснения материала следует выписывать на доске важнейшие специальные астрономические термины на иностранном языке и требовать от учащихся составления небольшого астрономического словарика. Это поможет учащимся при чтении иностранной литературы, в которой специфика астрономической терминологии обычно затрудняет перевод.

Подготовка к уроку

Готовясь к уроку, учитель прежде всего просматривает соответствующий материал учебника и рекомендуемую разработку урока (часть II), которая включает в себя: 1) тему урока; 2) цель урока; 3) разъяснение значения темы урока; 4) список приборов и наглядных пособий к данному уроку и указания к их использованию; 5) план урока; 6) последовательность изложения отдельных вопросов; 7) описание возможных методов изложения наиболее трудных вопросов; 8) наиболее желательные дополнения к материалу

учебника (касающиеся вопросов космонавтики, радиоастрономии, гелиофизики, внегалактической астрономии, эволюции небесных тел и др.); 9) указания о связи материала урока с наблюдениями, 10) дидактический материал (вопросы, задачи) для проверки знаний учащихся; 11) философские и атеистические вопросы, связанные с темой урока; 12) наиболее важную дополнительную литературу; 13) рекомендации по проведению кружковых занятий; 14) возможные объекты экскурсий; 15) домашнее задание.

Разумеется, не во всех разработках в одинаковой мере отражены все перечисленные моменты, потому что разработки уроков, не являясь стандартными рецептами, носят лишь примерный характер, поскольку раскрытие темы зависит от учителя. Например, при анализе темы «Видимое годовое движение Солнца и его объяснение» (урок 13, стр. 146) мы исходили из того, что особенности суточного движения светил на разных широтах уже изучены, поэтому на данном уроке после объяснения годового движения Солнца по эклиптике достаточно лишь на одном-двух примерах пояснить, как происходит движение Солнца на экваторе (полюсе) Земли. Если тема урока 13 была прослушана во время экскурсии в планетарий, то в классе учитель, используя модель небесной сферы и теллурий, может ограничиться лишь беседой с учащимися. Некоторые учителя отводят отдельный урок теме «Изучение суточного пути Солнца на различных широтах», другие считают возможным выделить этот материал для самостоятельной проработки учащимися.

К составлению конспекта урока учитель должен приступать после ознакомления с материалом школьного учебника, учебника астрономии для педагогических институтов и дополнительной литературы. Самостоятельная работа учителя над учебной, научной и научно-популярной литературой по астрономии является необходимым условием успешного преподавания быстро развивающейся современной астрономии. Подробные библиографические указатели книг и статей по астрономии и методике ее преподавания имеются в ряде пособий¹. Статьи об успехах современной астрономии публикуются в журналах «Природа», «Земля и Вселенная», «Физика в школе» и др.

¹ М. Е. Набоков, Методика преподавания астрономии в средней школе, Учпедгиз, 1955; С. А. Шорыгин, Что читать по физике и астрономии, Учпедгиз, 1961; С. Я. Шамаш, Систематический указатель статей журнала «Физика в школе» за 1946—1961 гг., Учпедгиз, 1963; и др.

§ 12. ШКОЛЬНЫЕ ТЕЛЕСКОПЫ

Несколько лет назад выпускались лишь школьные менисковые телескопы (рис. 2) системы Д. Д. Максудова. Эти портативные телескопы позволяют наблюдать звезды до 10^m . В поворачивающейся обойме укреплены два окуляра, обеспечивающие увеличение в 25 и 70 раз. Труба телескопа крепится на простом азимутальном штативе, который можно укрепить на устойчивом фотографическом штативе или на геодезической треноге (рис. 3).

В настоящее время завод «Школьного приборостроения» выпускает две модели школьного телескопа-рефрактора. «Упрощенная модель» (рис. 4) имеет объектив диаметром 60 мм и фокусным расстоянием 600 мм, два сменных окуляра, позволяющих получать увеличение в 30 и 60 раз, азимутальную монтировку.

Сейчас можно приобрести школьный рефрактор модели 1960 г. (рис. 5). Объектив телескопа ($D=80$ мм, $F=800$ мм) представляет собой оп-

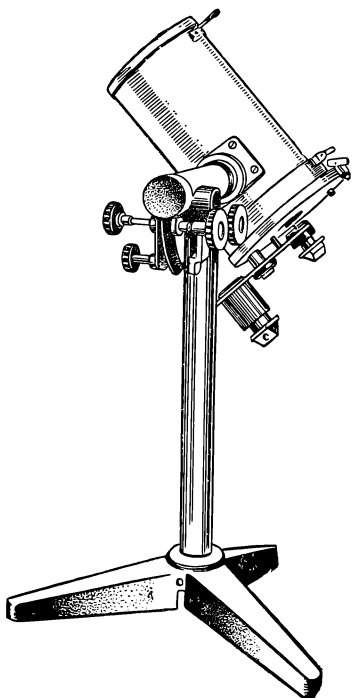


Рис. 2. Менисковый телескоп системы Д. Д. Максудова.

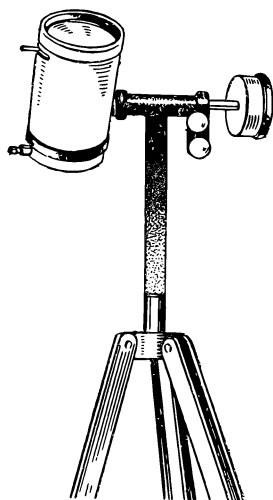


Рис. 3. Менисковый телескоп на фототреноге (по М. Е. Набокову).

тическую систему, состоящую из положительной двояковыпуклой линзы и отрицательной менисковой линзы, что позволяет значительно уменьшить сферическую и хроматическую aberrации, кому и астигматизм. Три окуляра телескопа ($f = 28$ мм, $f = 20$ мм и $f = 10$ мм) обеспечивают соответственно увеличения в 26,5, 40 и 80 раз. Телескоп, смонтированный на экваториальной (параллактической) установке, уравниваются против весами 1. Инструмент можно считать уравновешенным, если он в рабочем состоянии (без крышек, с укрепленным экраном и т. д.) остается неподвижным, не «заваливается» при любом положении трубы. Тщательно уравновесив инструмент и освободив его механические части от излишних перегрузок, можно добиться плавного хода телескопа. Ведение инструмента за наблюдаемым светилом осуществляется гибким ключом 2. Перед работой телескоп устанавливается так, чтобы полярная ось 3 инструмента была параллельна оси мира, а ось склонения 4 — параллельна плоскости небесного экватора.

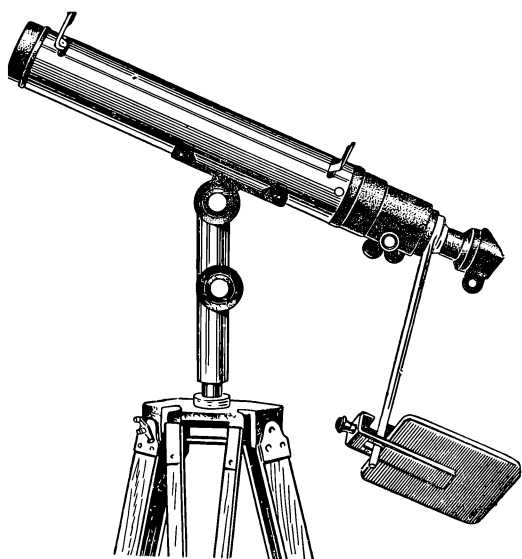


Рис. 4. Телескоп-рефрактор (упрощенная модель).

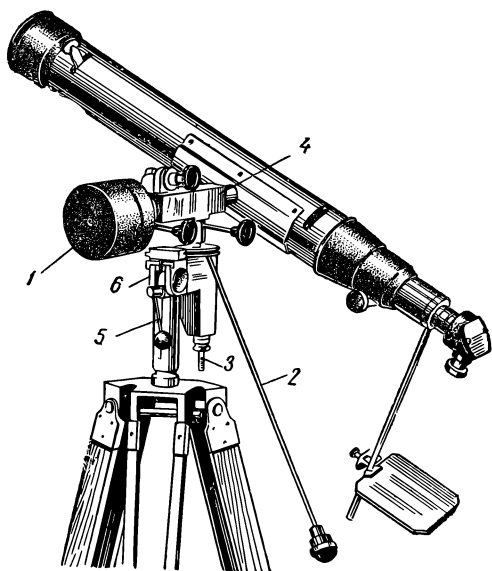


Рис. 5. Телескоп-рефрактор (модель 1960 г.).

Для приближенной установки телескопа необходимо:

1) пользуясь делениями, имеющимися на боковой поверхности параллактической головки, установить полярную ось под углом к горизонту, примерно равным географической широте места наблюдения;

2) положение наклона полярной оси предварительно зафиксировать рукояткой 5.

3) определить на местности направление полуденной линии;

4) установить одну опору треноги штатива на полуденной линии в направлении на юг, а две другие расположить симметрично к западу и востоку от полуденной линии;

5) повернуть параллактическую головку 6 так, чтобы полярная ось примерно расположилась в плоскости небесного меридиана, т. е. в вертикальной плоскости, проходящей через полуденную линию.

Визеры выпускаемых телескопов весьма несовершенны. Это приводит к большой трате времени на наведение телескопа на светило. В качестве оптического искателя с большим полем зрения можно использовать монокуляр, ружейный оптический прицел или самодельную трубу, закрепляемую параллельно оптической оси телескопа.

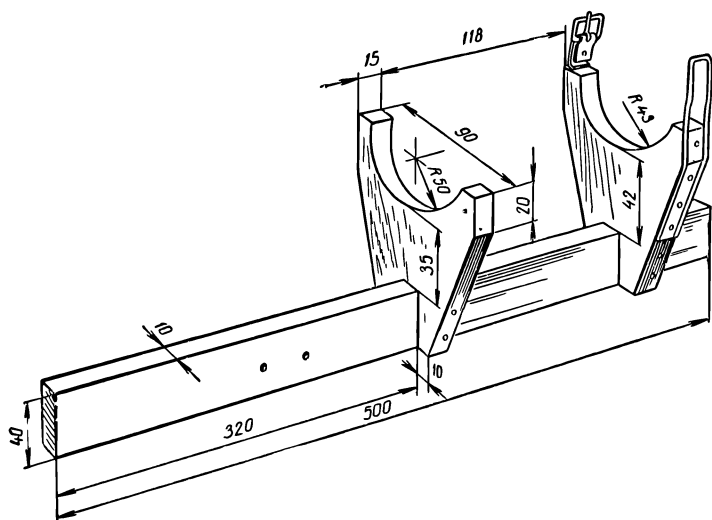


Рис. 6. Приспособление для крепления фотоаппарата к менисковому телескопу (по Н. М. Митрофанову).

Для фотографических наблюдений можно изготовить простое вспомогательное устройство для крепления фотоаппарата к менисковому телескопу (рис. 6, 7) или с помощью переходной муфты приспособить фотоаппарат к рефрактору (рис. 8).

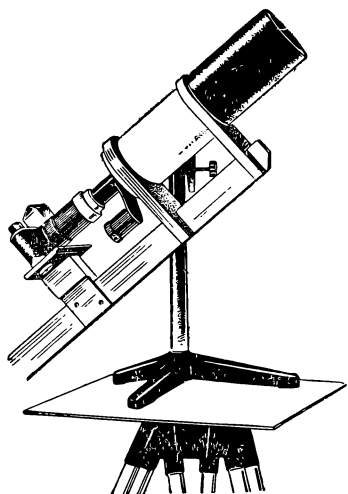


Рис. 7. Крепление камеры «Зенит» к менисковому телескопу (по Н. М. Митрофанову).

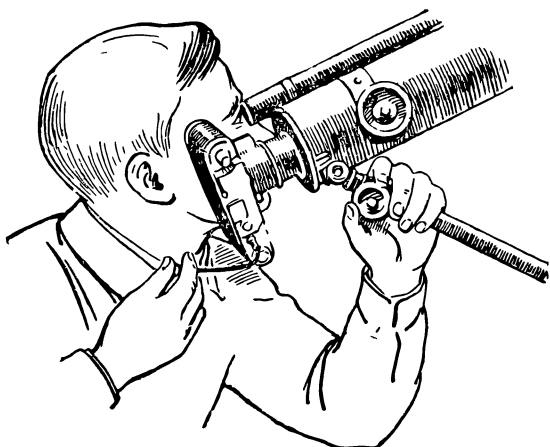
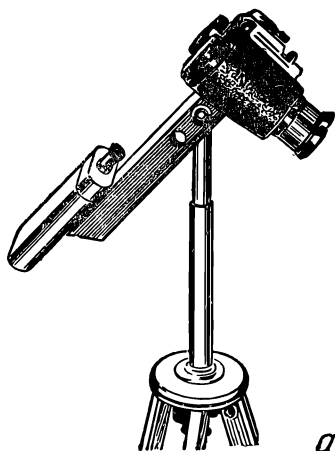


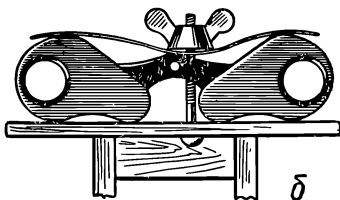
Рис. 8. Фотографирование Луны с телескопом-рефрактором.

Ряд полезных наблюдений можно выполнить с призмным биноклем, способ крепления которого ясен из рисунка 9. Роль противовеса выполняет батарейка карманного фонаря. Провода от батарейки идут к патрону трехвольтовой лампочки, освещающей записи или зарисовки наблюдателя.

Самостоятельно легче всего сделать простейший телескоп-рефрактор. Объективом может служить круглое выпукло-вогнутое очковое стекло с фокусным расстоянием 100 см (стекло конвекс с оптической силой $+1 \text{ дптр}$). Для объектива также пригодны очковые стекла от $+0,5$ до $+2 \text{ дптр}$ или длиннофокусные линзы из оптических наборов. В качестве окуляра берется небольшая



а



б

Рис. 9. а) Установка для наблюдений с биноклем привинчивается к фотографическому штативу; б) способ крепления бинокля.

луна с фокусным расстоянием от 3 до 5 см. При фокусном расстоянии объектива в 100 см трехсантиметровый окуляр дает увеличение примерно в 30 раз, а пятисантиметровый — в 20 раз. Можно подобрать готовые трубки из жести, алюминия или склеить их из бумаги. Труба телескопа делается составной. Для более простого крепления объектива и окуляра иногда изготовляют трубу с переходными муфтами (рис. 10); те-

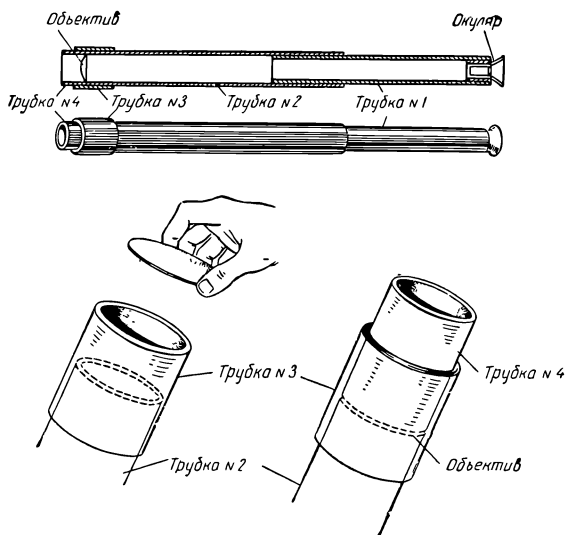


Рис. 10. Простейший самодельный рефрактор.

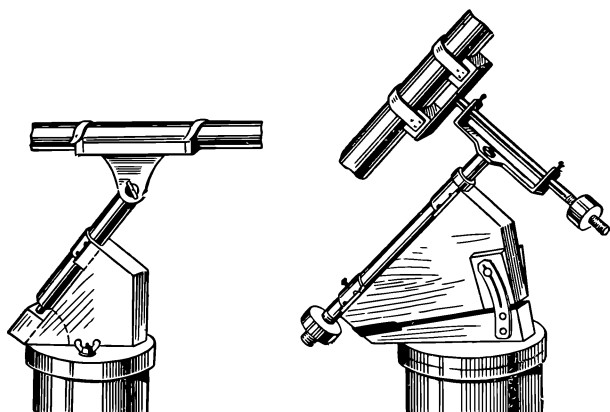


Рис. 11. Экваториальные установки для самодельного рефрактора.

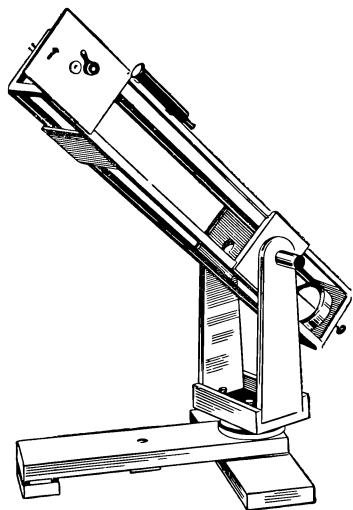


Рис. 12. Самодельный рефлектор с зеркалом 115 мм, изготовленный московским семиклассником С. Чувахиным.

лескоп фокусируют перемещением первой трубы относительно второй. Для трубы легко сделать простую экваториальную установку (рис. 11).

Изготовление самодельных телескопов может стать полезным разделом внешкольной кружковой работы.

Любителям астрономии нередко удается построить вполне удовлетворительные инструменты (рис. 12), пригодные для визуальных и фотографических наблюдений небесных тел. Образцом самодельных рефлекторов (рис. 13) являются инструменты, построенные ленинградским инженером А. С. Фоминым.

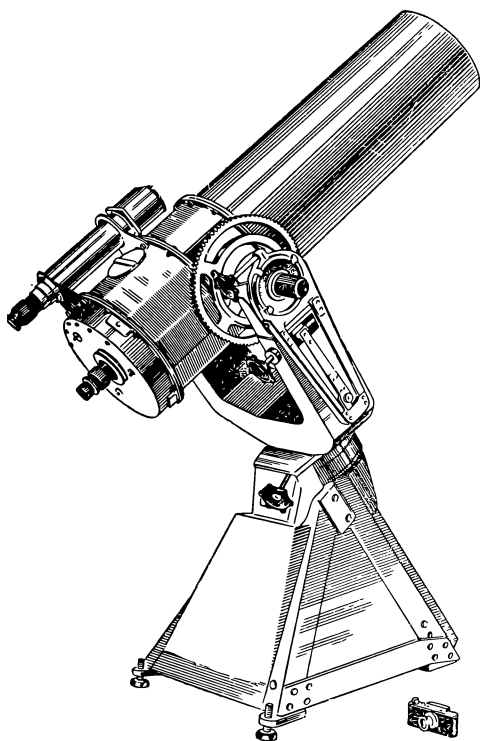


Рис. 13. Самодельный 320-миллиметровый⁺ рефлектор А. С. Фомина (в сравнении с фотоаппаратом «Зоркий»).

§ 13. ШКОЛЬНАЯ АСТРОНОМИЧЕСКАЯ ПЛОЩАДКА И ОБСЕРВАТОРИЯ

Простейшая астрономическая площадка изображена на рисунке 14. На площадке устанавливаются четыре деревянных столба (северный, южный, восточный и западный) высотой 1,5 — 1,75 м, солнечные часы D , кирпичный столб G для установки переносных инструментов, стол H , скамейка M_1 . Северный столб снабжается указателем Полярной звезды в виде планки или трубки длиной 0,5 м в направлении оси мира. Планку можно, в частности, использовать для крепления фотографического аппарата, предназначенного для фотографирования околополюсной области неба. Если имеется несколько переносных инструментов, то для их установки, кроме столба G , можно приспособить столбы E и N , в основном предназначенные для облегчения ориентировки на местности. Столб S следует выстрогать в виде конуса и, возможно точнее установив по отвесу, использовать в качестве гномона. Момент совпадения тени от гномона с полуденной линией NS , проведенной на площадке, будет соответствовать истинному полдню. Измерив в это время длину тени l_1 , можно определить полуденную высоту Солнца h : $\operatorname{tg} h = \frac{l}{l_1}$, где l — высота гномона. Из формулы $h = 90^\circ - \varphi + \delta$, где φ — географическая широта места наблюдения, δ — склонение Солнца, указанное в «Школьном астрономическом календаре», можно найти географическую широту.

Для наблюдения прохождения светил через меридиан можно установить в плоскости меридиана два отвеса (M).

Практика передовых учителей свидетельствует о том, что при школах могут быть оборудованы более совершенные площадки.

На астрономической площадке полезно установить большую

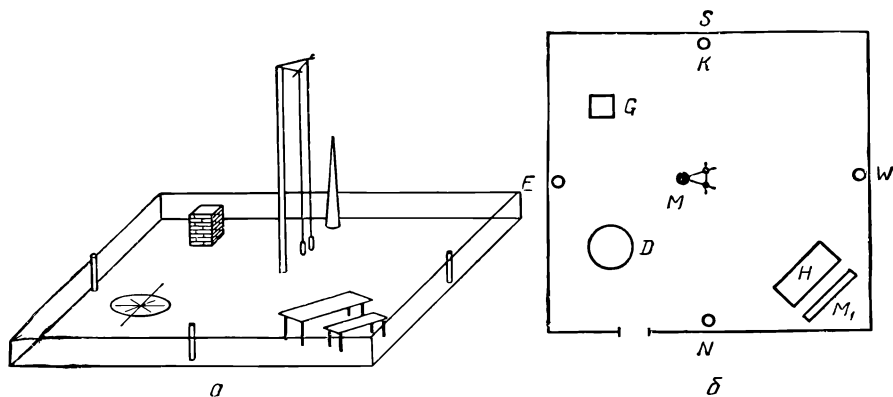


Рис. 14. Простейшая школьная астрономическая площадка.

модель небесной сферы (радиусом не менее одного метра), облегчающую объяснение основных линий и точек небесной сферы непосредственно во время практического занятия под звездным небом. Модель лучше всего изготовить из металла. Горизонтальный круг располагают на высоте не менее 150 см. Вдоль горизонта через каждые 10° укрепляют небольшие металлические штифты. Такие же штифты по полукругу, изображающему небесный экватор, ставят через каждые 15° . Для наблюдения кульминирующих светил полукруг меридиана делают двойным с зазором в 10 мм между дугами. Градусные деления вдоль меридиана отмечают штифтами через 10° , а в направлении на Полярную звезду устанавливают кружок диаметром 2—3 см.

Постройка на астрономической площадке школьной обсерватории освобождает от частой переноски телескопа-рефрактора и затраты времени на его установку. В зависимости от места астроплощадки (вблизи школы или на крыше школьного здания) и других условий нужно решить вопрос о конструкции обсерватории¹. Следуя М. М. Дагаеву, приводим описание некоторых таких обсерваторий.

Обсерваторию можно сделать с вращающимся куполом (рис. 15). Основанием такой обсерватории служат 8 одинаковых столбов (сечением 15×15 см и высотой 1,7 м), расположенных в вершинах правильного восьмиугольника. На торцах столбов крепятся деревянные брусья шириной 30 см и толщиной 15 см (рис. 16), образующие опору для вращающегося купола. Высота коробки двери должна быть ниже положенного на столбы бруса на 20—25 см. Купол обсерватории представляет собой каркасную конструкцию из 8—12 деревянных брусьев, изогнутых по окружности радиусом 1,5 м (рис. 17). Каркас монтируется на кольцеобразном бруссе (диаметр 3 м, толщина 10 см), обшивается фанерой и покрывается толем или другим гидроизоляционным материалом. Наблюдения производятся через люк — один из просветов между брусьями каркаса. Люк снабжается подвижными створками. Чтобы купол вращался, в специальных вырезях кольцеобразного брусса укрепляют на металлических осях восемь

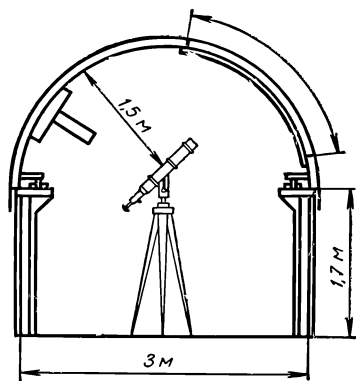


Рис. 15. Школьная обсерватория с вращающимся куполом.

¹ М. М. Дагаев, Телескоп-рефрактор, Главучтехпром, Учпедгиз, 1962.

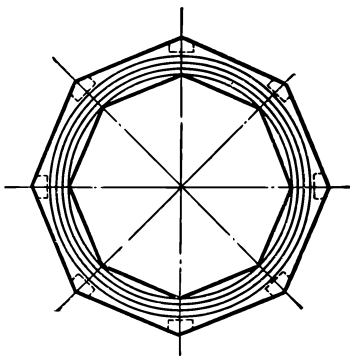


Рис. 16. Опора для вращающегося купола.

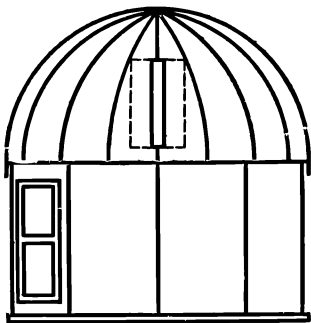


Рис. 17. Монтаж каркаса купола.

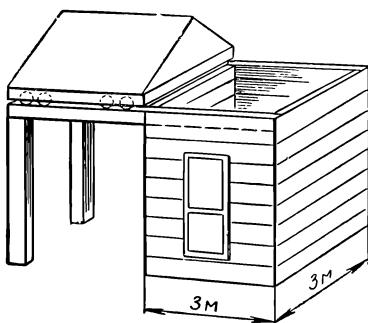


Рис. 18. Обсерватория со сдвигающейся крышей.

шарикоподшипников (диаметром 50—70 мм). На этих подшипниках купол движется по опорному брусу. Купол поворачивается рычагом, прикрепленным к каркасу. Устойчивое положение купола достигается тем, что изогнутые брусья его каркаса имеют напуск (не менее 10 см) в сторону стен здания (рис. 15).

Более проста обсерватория со сдвигающейся крышей (рис. 18). Как видно из рисунка, крыша квадратной комнаты, в которой установлен телескоп, может откатываться на шарикоподшипниках. Опорные брусья длиной 6 м, по которым движутся шарикоподшипники, крепятся на двух угловых столбах комнаты и на двух столбах, вкопанных на расстоянии 3 м к северу от помещения для телескопа.

Для стационарной установки школьного телескопа-рефрактора достаточно изготовить надвигающую будку (рис. 19), передвигающуюся по двум рельсам или деревянным желобам, расположенным симметрично по обе стороны от предварительно проложенной полуденной линии. Перед наблюдением будка откатывается к северу от телескопа примерно на 4 м, а по окончании снова накатывается на телескоп¹.

Для более точной проверки установки телескопа его окуляр снабжают крестом нитей. Нити крестообразно закрепляют на картонном кольце, вырезанном по внутреннему диаметру окулярной трубки. Вывинтив входную линзу, аккуратно вставляют кольцо с нитями в корпус окуляра, для

¹ См. также статью Г. Г. Ленгауэра «Простая будка для школьного телескопа», «Физика в школе», 1964, № 2.

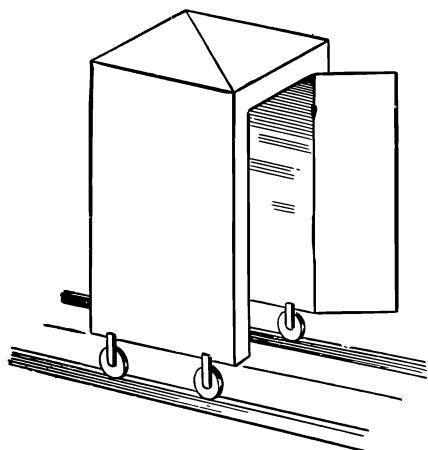


Рис. 19. Надвижная будка для телескопа.

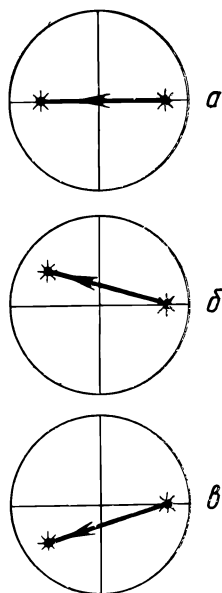


Рис. 20. К проверке правильности установки штатива телескопа-рефрактора.

чего кольцо имеет три выступающих ушка. Ушки согнуты под прямым углом к плоскости кольца и, распрямляясь, прижимают кольцо к корпусу окулярной трубки. Укрепив кольцо в окуляре, ввинчивают входную линзу и наводят телескоп на резкость. При этом может оказаться, что кольцо будет видно не очень резко. Резкость достигается перемещением кольца с крестом нитей. Затем штатив устанавливают приблизительно по меридиану, а полярную ось телескопа — под углом, равным географической широте места. Горизонтальную нить окуляра располагают так, чтобы при повороте инструмента вокруг полярной оси звезды скользили вдоль нити. Далее направляют трубу на какую-нибудь экваториальную звезду вблизи небесного меридиана и закрепляют инструмент. При этом в поле зрения телескопа можно наблюдать следующее: а) звезда движется справа налево, точно перемещаясь вдоль нити (рис. 20, а), — инструмент установлен правильно; б) звезда движется под углом к нити вверх (рис. 20, б), это значит, что полярная ось не лежит в плоскости меридиана, штатив нужно повернуть против часовой стрелки; в) звезда движется под углом к нити вниз (рис. 20, в), штатив нужно повернуть по часовой стрелке. В результате инструмент будет достаточно точно установлен по азимуту.

Далее нужно исследовать наклон полярной оси телескопа к горизонту. Для этого наблюдают прохождение экваториальной звезды в поле зрения неподвижного телескопа, направленного,

например, на восток. Если звезда скользит вдоль нити, инструмент стоит правильно. Если звезда движется вверх от нити, нужно увеличить угол наклона полярной оси к горизонту. Наконец, если звезда движется вниз, нужно уменьшить угол наклона полярной оси к горизонту¹.

§ 14. КАРТЫ, АТЛАСЫ, КАЛЕНДАРИ И СПРАВОЧНИКИ

Основными пособиями для наблюдений являются подвижная карта звездного неба и «Учебный звездный атлас».

Способ монтировки и основные правила пользования подвижной картой подробно описаны в приложении IX к учебнику астрономии. Для удобства пользования картой можно выделить на ней цветными карандашами экватор и эклиптику. В направлении север — юг на накладном круге нужно протянуть нитку («небесный меридиан»). Северный полюс мира и зенит следует отметить двумя узелками, причем первый совпадает с центром подвижного круга карты, а второй располагается примерно в центре выреза накладного (неподвижного) круга. В каждом из узелков закрепляется по одной цветной нитке длиной 6—8 см. Эти нитки изображают круг склонения и круг высоты и применяются для приближенного определения координат светил. Далее, найдя примерно центр изображенной на карте эклиптики, закрепляют в нем на оси кусочек проволоки или тонкую полоску картона с небольшим желтеньким кружком на конце («указатель Солнца»). Поворачивая «указатель Солнца», устанавливают изображение Солнца в любое место эклиптики.

В школе необходимо иметь демонстрационную подвижную карту звездного неба. Для ее изготовления можно использовать комплект «Подвижной карты звездного неба», выпущенный Учпедгизом в 1962 г. В комплект входит три листа. На первом листе изображена область неба до склонения — 45° . На карте указаны названия созвездий и проведены вспомогательные линии, облегчающие нахождение созвездий. Звезды от 1 до 4,75 звездной величины показаны кружками убывающих размеров. Условными обозначениями выделены двойные и переменные звезды, звездные скопления и туманности. На втором листе напечатан накладной круг. Используя оба листа, можно смонтировать подвижную карту звездного неба, дополнив ее небесным меридианом и «указателем Солнца» (рис. 21). На третьем листе напечатана «немая» карта звездного неба, которую можно использовать для проведения тренировок перед вечерними наблюдениями звездного неба.

Можно изготовить также демонстрационную карту больших размеров, укрепленную на квадратном листе фанеры с размером стороны 110—140 см. Для этого приложенную к учебнику карту

¹ Если звезду наблюдают на западе, то соответственно заключения должны быть сделаны обратные.

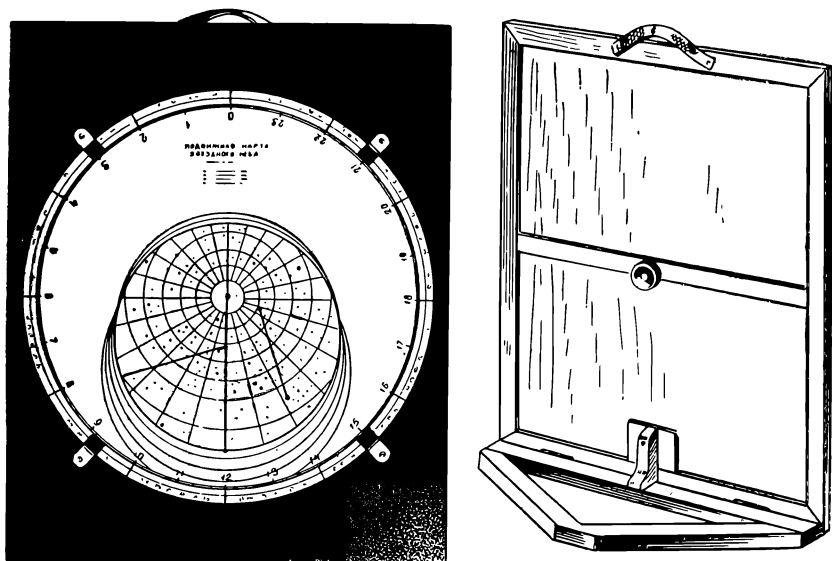


Рис. 21. Демонстрационная подвижная карта звездного неба.

придется тщательно перечертить, заранее определив размер увеличения.

Кроме подвижной карты, можно воспользоваться тремя звездными картами из серии таблиц по астрономии. Две из них представляют различные части экваториальной области неба, а третья — изображает северную область неба до склонения -30° . Последняя карта может быть использована для устройства демонстрационной подвижной карты или просто наклеена на картон и вывешена в классе. Две карты экваториальной области звездного неба можно наклеить на картон так, чтобы они дополняли друг друга. Поскольку эти карты предназначены для первоначального знакомства с небом, то они, во-первых, почти лишены подробностей (туманности, звездные скопления), во-вторых, во избежание перегрузки карт звезды на них не обозначены буквами греческого алфавита, в-третьих, на картах не обозначены границы созвездий, хотя наиболее яркие звезды в созвездиях соединены пунктиром в характерные фигуры.

Для более подробного изучения объектов звездного неба следует обращаться к звездным атласам. Многим известен малый «Звездный атлас» А. А. Михайлова, состоящий из четырех карт звездного неба до 50° южного склонения. Атлас содержит звезды до 5,5 видимой зв. вел. (изд. «Наука», 1965 г.).

«Учебный звездный атлас»¹ содержит 15 карт, на которых показаны видимые невооруженным глазом звезды до 5,75 звездной величины, а также рассеянные и шаровые звездные скопления, галактики, планетарные и диффузные туманности, доступные наблюдениям в школьный телескоп или бинокль. Особенность атласа состоит в том, что рядом с картами помещены фотографии и рисунки наиболее примечательных объектов, а на соседних с картами страницах приведены важнейшие справочные сведения.

В школьной библиотеке желательно иметь «Первые фотографии обратной стороны Луны», изданные АН СССР в 1959 г.

Необходимым пособием для преподавания астрономии является «Школьный астрономический календарь», который должен быть не только у учителя, но и у учащихся. Календарь состоит из двух основных отделов: «Справочные сведения об астрономических явлениях» и «Разное». Для планирования школьных наблюдений наиболее важен помещенный в первом отделе календаря «Справочник наблюдателя», а также имеющиеся в календаре сведения об условиях видимости Луны и планет, затмениях Луны и Солнца, переменных звездах. Во втором отделе календаря публикуются вопросы и задачи Московских олимпиад, новости астрономии, описания памятных дат в истории астрономии.

Учителю рекомендуется использовать также и переменную часть «Астрономического календаря ВАГО», в котором, кроме подробных данных об условиях видимости различных светил, публикуются обстоятельные обзоры важнейших достижений современной астрономии, информации о международных астрономических совещаниях и съездах, подробные библиографические справочники.

Инструкции для проведения наблюдений и разнообразные справочные таблицы содержатся в недавно переизданной постоянной части «Астрономического календаря» (Физматгиз, 1961), а также в «Справочнике любителя астрономии»².

§ 15. МОДЕЛИ И ПРИБОРЫ ПО СФЕРИЧЕСКОЙ И ПРАКТИЧЕСКОЙ АСТРОНОМИИ

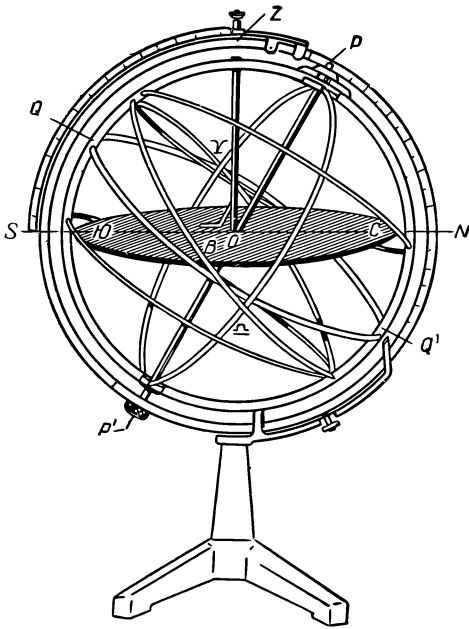
Модели небесной сферы

Основные круги модели (рис. 22) выполнены в виде колец, изображающих небесный меридиан, круги склонения, небесный экватор, эклиптику. Сфера, свободно вращающаяся вокруг оси PP_1 (ось мира), имеет самоустанавливающийся горизонт. Для уста-

¹ А. Д. М о г и л к о, Учебный звездный атлас, изд. «Просвещение», 1964.

² П. Г. К у л и к о в с к и й, Справочник любителя астрономии, Физматгиз, 1961.

Рис. 22. Модель небесной сферы.



новки модели на определенную широту перемещают кольцо в подставке. В любом положении кольцо фиксируется плоской пружиной и винтом. На круге высоты имеется подвижная несъемная насадка, изображающая светило. Солнце изображено насадкой, укрепленной на дуге.

Методика использования модели небесной сферы рассматривается в поурочном анализе курса астрономии.

Прибор для демонстрации связи линий небесной сферы и Земли¹

На земной глобус надевается неподвижная металлическая дуга (рис. 23, а), по которой передвигается модель видимой небесной полусферы, состоящей из «плоскости небесного горизонта» (диск из плексигласа или картона), «небесного экватора» (дуга из проволоки), «оси мира» (металлическая спица), «небесного меридиана» (дуга из жести). На «небесном меридиане» отмечается зенит Z и наносится градусная шкала. Чтобы обеспечить неизменное положение оси мира, параллельное земной оси, конец металлической спицы крепится в цилиндрической муфте (рис. 23, б), переме-

¹ Р. М. Баренбойм, Простые учебные приборы по астрономии. Сб. «Физический эксперимент в школе», Учпедгиз, 1963.

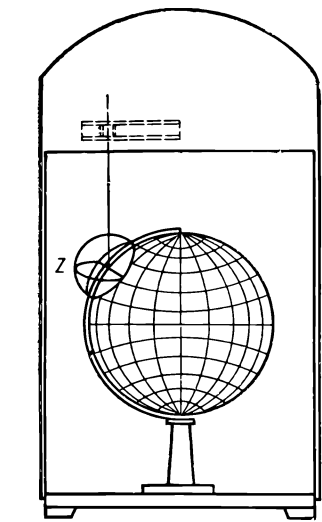
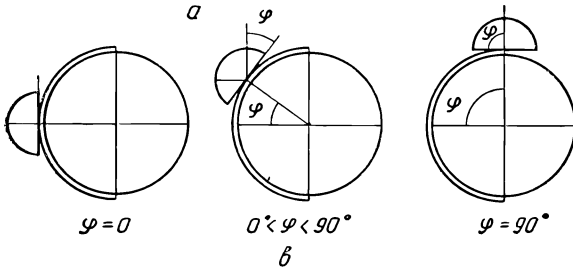


Рис. 23.
Прибор для демонстрации связи
линий небесной сферы и Земли.



щающейся в горизонтальном направлении между двумя П-образно установленными рейками. «Небесный экватор» и «ось мира» должны поворачиваться относительно «небесного горизонта». Очевидно, что такой прибор позволяет пояснить связь линий и точек Земли и небесной сферы; зависимость высоты полюса над горизонтом от широты места наблюдений и вид небесной сферы на различных широтах (рис. 23, в).

Теллурий

Основные детали теллурия (конструкции И. А. Войтенко) — глобус и электрическая лампа, изображающая Солнце, — смонтированы на устойчивой подставке (рис. 24). Глобус связан с подставкой прибора специальной системой передачи, устроенной так, что при обращении трубчатой рейки вокруг подставки против часовой стрелки глобус вращается вокруг своей оси в ту же сторону, сохраняя неизменным направление оси в пространстве. Для большей наглядности демонстрации в светлом помещении применяется

терминаторное кольцо, плоскость которого устанавливается перпендикулярно к отрезку прямой, соединяющей центр глобуса с центром электрической лампы. Составной трубчатый указатель позволяет показать падение солнечных лучей на различные области земного шара. Меридиан, на котором в данный момент полдень, отмечается строго фиксированной дугой («полуденная дуга»). Местное время на других земных меридианах можно определить по съемному циферблату, надеваемому на верхний выступ оси глобуса и неподвижно закрепляемому относительно глобуса.

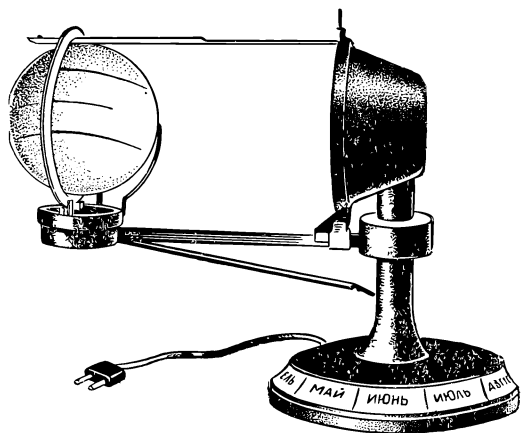


Рис. 24. Теллурий.

Во многих отношениях теллурий можно заменить «Подвижной моделью для объяснения смены времен года» Л. В. Кандаурова (рис. 25), элементами которой являются два глобуса и электрическая лампа, изображающая Солнце. Прибор показывает обращение Земли вокруг Солнца, но в отличие от описанного выше теллурия не демонстрирует суточное вращение Земли. Этим прибором можно наглядно показать, что именно наклоном оси вращения планет к плоскости орбиты объясняется смена времен года. Для этого предусмотрена возможность крепления осей глобусов в отверстиях двух видов: в «наклонных»

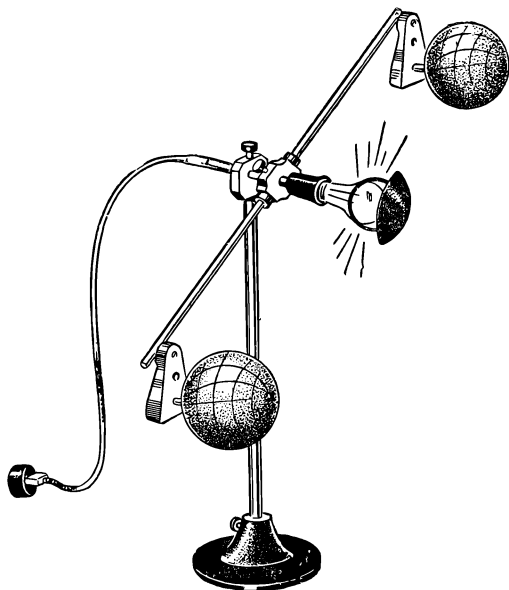


Рис. 25. Подвижная модель для объяснения смены времен года.

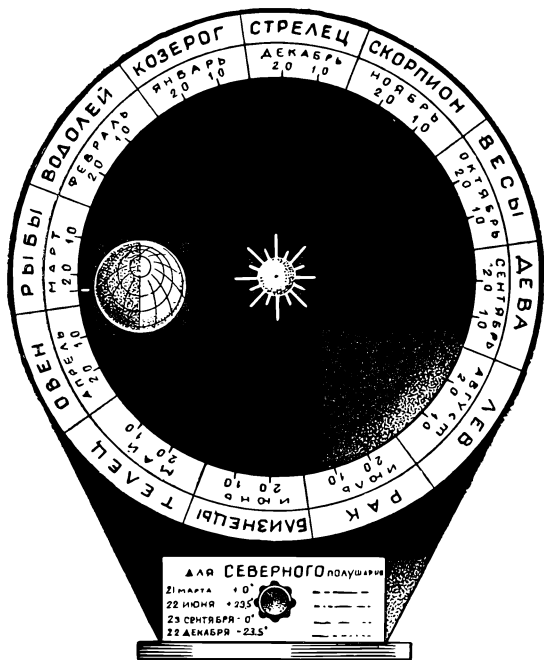
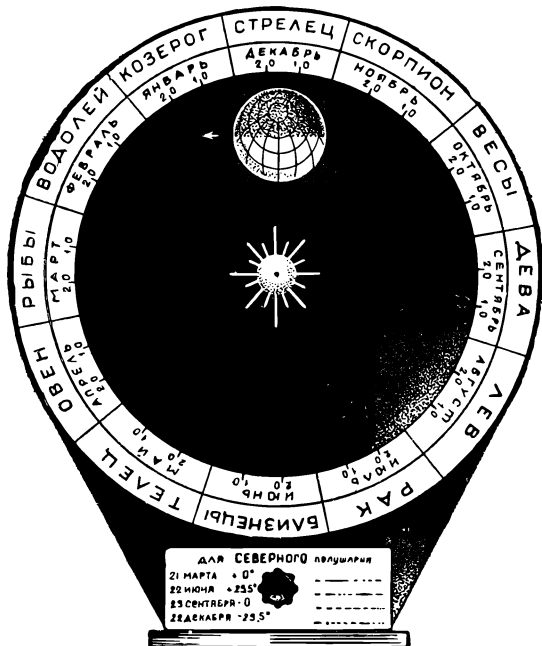


Рис. 26.
Стеновый теллурий:

вверху — для весеннего равноденствия, внизу — для зимнего солнцестояния.



и «прямых». Устанавливая оси глобусов в «наклонные» отверстия, объясняют смену времен года на Земле (или на Марсе). Устанавливая оси глобусов в «прямые» отверстия, показывают отсутствие смены времен года (Юпитер). В 1963 г. К. Н. Шистовский разработал конструкцию стендового школьного теллурия (рис. 26), практически осуществленного механиком Московского планетария Ф. И. Красновым. Этот прибор, который можно изготовить в школьных мастерских, представляет собой фанерную (металлическую) коробку размерами $60 \times 50 \times 10$ см. На ее передней стороне имеется шкала с названиями месяцев и зодиакальных созвездий. Внутри шкалы против часовой стрелки плавно вращается (от руки) непрозрачный диск (диаметром 40 см), в котором имеются два отверстия: через одно просвечивает изображение Солнца, а через другое — изображение Земли. Изображение Земли выполнено в виде цветного диапозитива, вставленного в металлическую оправу, имеющую центр тяжести ниже точки опоры. Диапозитив подвешен на оси (диаметр 1 мм), прикрепленной к диску сзади «земного отверстия». Благодаря такому подвесному диапозитиву при вращении диска сохраняется необходимое расположение земной оси. Для большей наглядности между стенками коробки прибора устанавливаются электрические лампочки, показывающие на просвет через матовое стекло Солнце и Землю.

Приспособления для практических работ

1. Общеизвестно применение простейшего *высотомера*, часто называемого *эклиметром* (рис. 27). Эклиметр можно использовать для определения угловой высоты любых светил, включая Солнце. В последнем случае перед диоптром *B*, направленным на Солнце, ставят темное стекло или проецируют Солнце на плоскость креста нитей *A*.

2. Для приближенного измерения углового расстояния между двумя светилами можно применить простую *угломерную линейку* (рис. 28). В планку длиной 34 см и шириной 3 см вбивают семь гвоздей, которые для лучшей видимости в темноте покрывают белой краской. Если расстояние между крайними гвоздями (*A* и *B*) равно 30 см, а длина рукоятки линейки *CD* составляет 58,5 см, то угол *ADB* равен 30° . Зная это, наблюдатель может измерять угловое расстояние между светилами на небесной сфере.

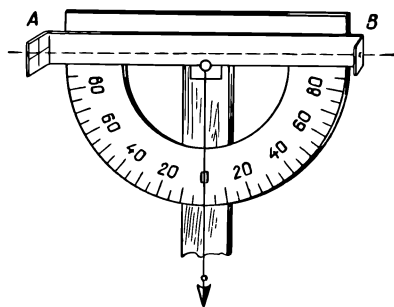
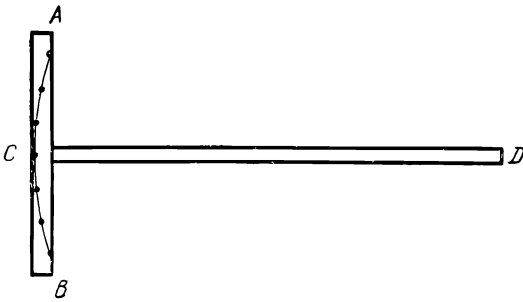


Рис. 27. Школьный высотмер (эклиметр).

Рис. 28. Угломерная линейка.



3. Иногда учителя астрономии, не удовлетворяясь простейшими угломерными инструментами, используют *теодолиты* «Геофизика» (рис. 29) или ТТ-50 (рис. 30). Сложность конструкции и высокая стоимость теодолитов обуславливают необходимость промышленного выпуска школьных теодолитов, предусмотренных программой по астрономии.

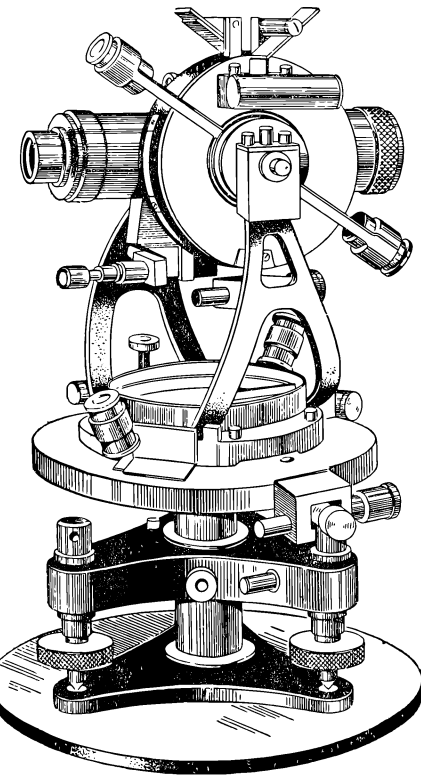


Рис. 29. Теодолит завода «Геофизика».

В одной из конструкций школьного теодолита, который может быть построен в школьных мастерских, в качестве визира используется легкая телескопическая зрительная трубка с увеличением в 10—13 раз и полем зрения около 3° (рис. 31). Окулярная часть трубы снабжена диафрагмой с крестом нитей. Отсчеты кругов, разделенных на градусы, снимаются с помощью стрелочных указателей. Зрительная труба и вертикальный круг крепятся на вилке, обеспечивающей поворот трубы вокруг горизонтальной оси и фиксации выбранного положения трубы. Вертикальный круг жестко связан с трубой и поворачивается вместе с ней относительно неподвижных указателей. Горизонтальный лимб и связанная с ним верхняя часть инструмента могут наклоняться к подставке прибора под любым углом (до 55°) в зависимости от широты места наблю-

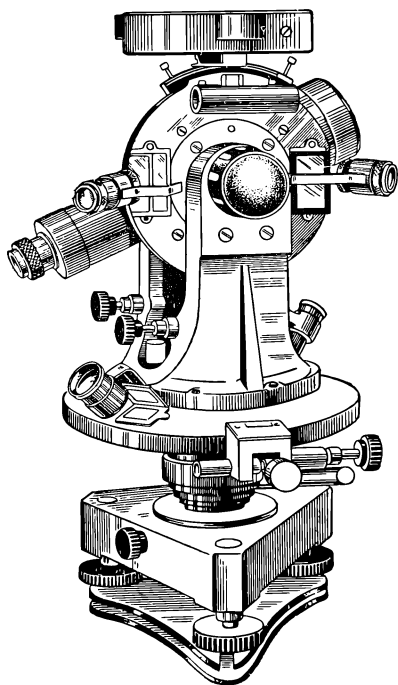


Рис. 30. Теодолит ТТ-50.

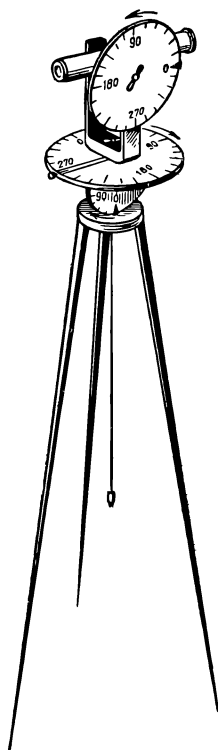


Рис. 31. Общий вид школьного теодолита.

дения (рис. 32). Это позволяет превращать азимутальную монтировку зрительной трубы в экваториальную: горизонтальный лимб располагается в плоскости небесного экватора. Для удобства наведения на Полярную звезду вилка прибора, на которой крепится труба, может удлиняться. Основные детали прибора, в основном выполняемые из пластмассы и дюрала, можно изготовить в школьных мастерских.

Простота описанной конструкции школьного теодолита предельно облегчает пользование им. Нужно научить ребят устанавливать теодолит по уровню, наводить трубу теодолита на объекты, делать отсчеты кругов. Учащимся, проявляющим особый интерес к измерительным работам, можно поручить определение направления меридиана по двум наблюдениям одной и той же звезды на одинаковой высоте до верхней кульминации и после нее. Для этого приблизительно определяют направление меридиана. После установки теодолита наводят трубу на какую-нибудь яркую звезду, расположенную к востоку от южной части небесного меридиана

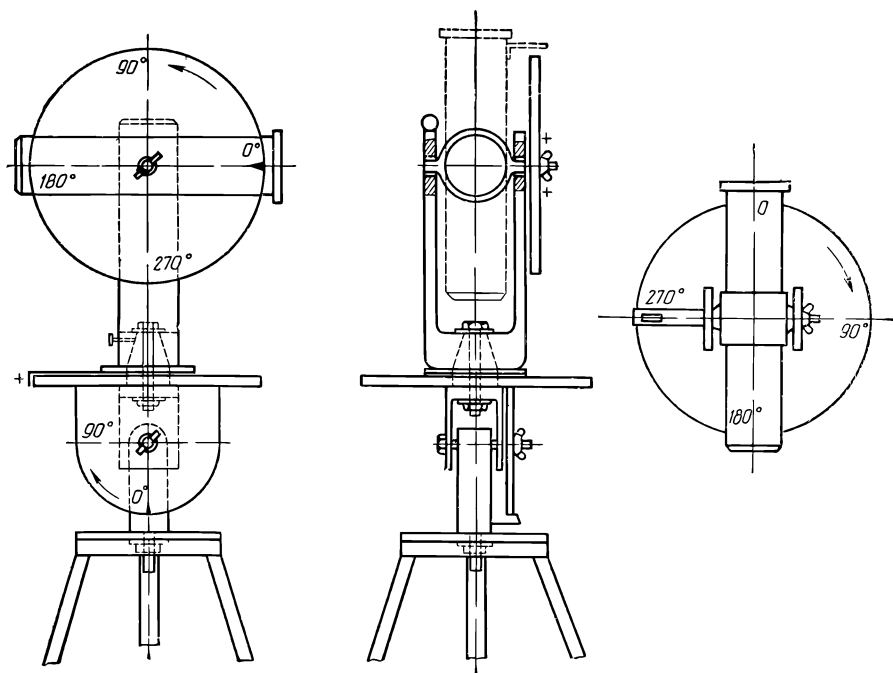


Рис. 32. Устройство школьного теодолита.

примерно на 1° . Затем закрепляют трубу около горизонтальной оси и делают первый отсчет на горизонтальном круге. В результате суточного вращения сферы звезда, перемещаясь с востока на запад, выходит из поля зрения трубы. Ее нужно вторично пронаблюдать к западу от небесного меридиана на той же высоте. Для этого, поворачивая трубу вокруг вертикальной оси к западу, ждут момента, когда звезда опять окажется в центре поля зрения трубы, и в этом положении делают второй отсчет на точку юга. Среднее арифметическое отсчетов и дает положение меридиана. Повернув трубу так, чтобы указатель горизонтального круга располагался под найденным отсчетом, устанавливают трубу в меридиане. Чтобы на следующих занятиях со всем классом еще раз не определять направление меридиана, можно «привязать» найденное направление к земному предмету. Для этого достаточно определить азимут выбранного земного предмета (например, удаленного дерева или какой-нибудь трубы) и по нему каждый раз находить отсчет на горизонтальном круге, соответствующий точке юга. Для измерения азимута земного предмета нужно, направив на него трубу, сделать отсчет на горизонтальном круге и вычесть из него отсчет точки юга.

4. **Гномон.** Для определения направления полуденной линии по Солнцу (рис. 17 учебника) и решения некоторых других практических задач удобно использовать гномон, который может быть стационарно установлен на астрономической площадке или изготовляться как переносный прибор. Переносный гномон представляет собой небольшой шест, заостренный в форме зубила и закрепленный перпендикулярно к квадратной доске. Доска снабжается винтами, чтобы ее можно было установить по уровню горизонтально. На доске проведены концентрические окружности с центром в основании шеста.

Для определения широты места наблюдения можно использовать плавающий гномон В. В. Радзиевского. Сделать его очень просто. Для этого посередине обычной ученической линейки (длинной 30 см) вертикально устанавливают стержень длиной 100 мм. Линейку во избежание деформации смазывают вазелином и опускают в таз с водой. Для проведения измерений выбирают безветренное место, на котором заранее проведена полуденная линия. В истинный полдень ориентируют линейку вдоль полуденной линии и замечают положение конца тени стержня на шкале (показание n_1). Повернув линейку на 180° , вторично замечают положение конца тени (показание n_2). Тогда зенитное расстояние Солнца будет: $\operatorname{tg} z_{\odot} = \left| \frac{n_1 - n_2}{2} \right|$, где n_1 и n_2 выражены в дециметрах. Взяв из «Школьного астрономического календаря» склонение Солнца (δ_{\odot}), вычисляют географическую широту по формуле: $\varphi = z_{\odot} + \delta_{\odot}$.

§ 16. ПРИБОРЫ ДЛЯ ДЕМОСТРАЦИИ ДВИЖЕНИЯ ИСКУССТВЕННЫХ СПУТНИКОВ ЗЕМЛИ

Различные приборы для демонстрации движения искусственных спутников Земли подробно описаны в методической литературе. Одна из простейших моделей (рис. 33) представляет собой шарик (макет космического корабля), надетый на «орбиту» так, чтобы он мог скользить с некоторым трением вдоль кольца. Модель позволяет выяснить, как движутся ИСЗ, почему они видны только перед восходом или вскоре после захода Солнца, как предвещается момент появления спутника и т. д.

Вариант прибора с ручным приводом показан на рисунке 34. Прибор позволяет демонстрировать движение спутника относительно вращающейся Земли. Центр кривизны изогнутой стойки находится в центре глобуса. Вращение глобуса и обращение спутника должны происходить против часовой стрелки, если смотреть на прибор с Северного полюса. Ось рукоятки вставляется в отверстие стойки, выбранное в соответствии с углом наклона орбиты спутника. Отношение радиусов блоков, укрепленных на рукоятке и оси глобуса, определяется из формулы:

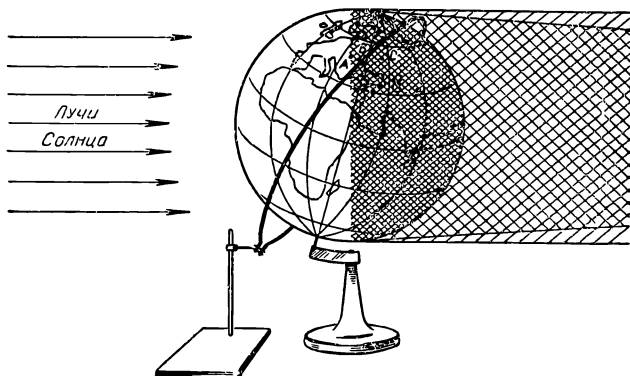


Рис. 33.
Простейшая
модель для
демонстрации
движения ИСЗ.

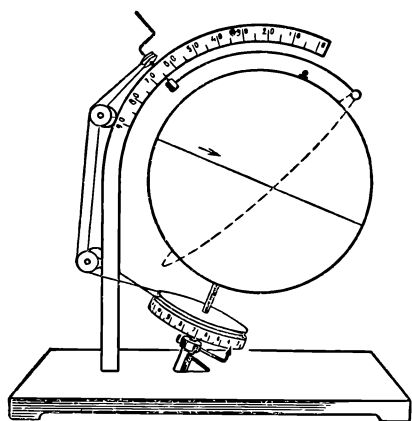


Рис. 34. Модель движения ИСЗ
с ручным приводом.

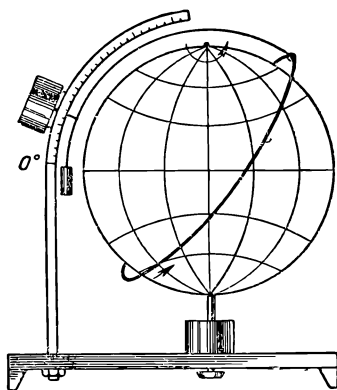


Рис. 35. Схема прибора для
демонстрации движения ИСЗ
с механическим вращением.

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{T_1}{T_2},$$

где R_1 — радиус блока, укрепленного на оси глобуса; R_2 — радиус блока, укрепленного на оси рукоятки; T_1 — период вращения Земли; T_2 — период обращения спутника. Меняя радиусы блоков и вставляя ось рукоятки в разные гнезда, можно моделировать движение различных спутников. Примерное время наблюдения можно определить по часовым делениям, нанесенным на блок, связанный с глобусом. Прибор освещается проекционным фонарем. Расположение фонаря и прибора должно быть таким же, как взаимное расположение Солнца и Земли в данный момент.

Прибор с механическим вращением (рис. 35) приводится в дви-

жение с помощью двух часовых механизмов. Глобус совершает один оборот за 1420 мин. Это связано с тем, что период вращения Земли составляет 23 ч 56 мин, или 1436 мин, а орбита спутника вследствие прецессии ежесуточно поворачивается почти на 4° вокруг земной оси в направлении, противоположном суточному вращению. Дуга со спутником вращается вторым часовым механизмом с периодом один оборот за 96 мин. Скорости вращения достигаются при помощи зубчатых передач, а ход часов регулируется укорачиванием и удлинением волоска маятникового механизма.

Наиболее интересен прибор, изображенный на рисунке 36. Прибор позволяет демонстрировать вращение Земли и обращение спутника по любой эллиптической орбите в ускоренном темпе; изменение угла наклона плоскости орбиты спутника к плоскости экватора Земли в пределах от 0 до 90°; допускает вариации изменения эксцентриситета орбиты, причем одновременно в соответствии со вторым законом Кеплера изменяется скорость движения спутника в перигее и апогее; вычерчивает проекции траектории движения спутника на поверхности глобуса; позволяет демонстрировать запуск спутника из любой точки Земли и т. д.

Общее представление об устройстве прибора дает его кинематическая схема (рис. 37), на которой прибор изображен в положении, когда плоскость орбиты спутника совпадает с плоскостью экватора. Механизм вращения глобуса 1 и дуги 2 приводится в действие двигателем M_1 через систему шестерен 3—7. Механизм образования орбит приводится в движение двигателем M_2 через шестерни 8—10. Модель спутника 11 укреплена на штанге 12. От шестерни 10 вращение передается к шестерням 13—15, к последней из которых крепится шаблон 16 с профрезерованным пазом. В этот паз вставляется палец 17 штанги 12, которая при вращении, двигаясь по заранее рассчитанному шаблону, обеспечивает необходимую разность расстояний от спутника до Земли. Так создаются эллиптические орбиты, для каждой из которых строится отдельный шаблон. Для движения спутника по круговым орбитам шаблон снимается и штанга закрепляется на оси. На штанге 12 намотано сопротивление R . Когда штанга совершает возвратно-поступательные движения, контакт K скользит по сопротивлению R . В результате меняется общее сопротивление це-

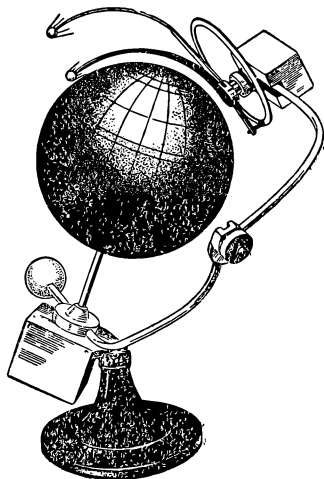


Рис. 36. Прибор для демонстрации движения ИСЗ.

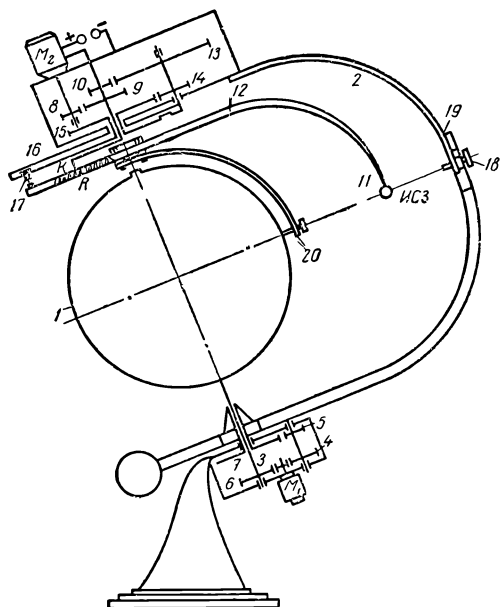


Рис. 37. Кинематическая схема прибора (авторы О. П. Мальцев и Б. С. Павлов).

пи и скорость вращения двигателя. Сопротивление наматывается так, что движение спутника подчиняется второму закону Кеплера. Изменение угла наклона орбиты спутника производится шарниром 18, снабженным шкалой 19, по которой можно установить необходимый угол наклона плоскости орбиты к плоскости экватора.

Проекция траектории спутника на поверхность Земли (глобуса) записывается чертежным приспособлением 20.

§ 17. МОДЕЛИ ПЛАНЕТНОЙ СИСТЕМЫ

Простейшая модель гелиоцентрической системы представляет собой квадратный лист картона (сторона 1 м) с нанесенными на нем шестью concentрическими окружностями, радиусы которых соответственно равны 1,9 см, 3,6 см, 5,0 см, 7,6 см, 26,0 см, 47 см. Окружности изображают круговые орбиты шести ближайших к Солнцу планет. Чтобы показать и остальные планеты, пришлось бы применить квадрат со стороной более 3,5 м, так как в принятом масштабе радиус орбиты Урана равен 86 см, Нептуна — 150,5 см, а Плутона — 187,5 см. Положение планет и Солнца на этой модели отмечают булавками с надетыми на них пробочными шариками различных размеров и цветов.

Для изготовления модели планетной системы можно использовать готовый чертеж из набора таблиц по астрономии, показывающий эллиптичность орбит ближайших к Солнцу планет и дающий наглядное представление о средних годовых перемещениях планет. На этой модели (рис. 38) можно пояснить различные случаи взаимного расположения планет, условия их видимости, положение планет на данный день. Если около шарика, изображающего Землю, укрепить на проволоке модель Луны, то можно демонстрировать движение Луны.

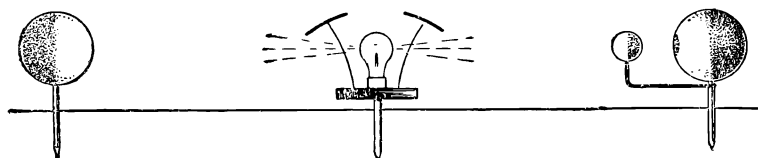
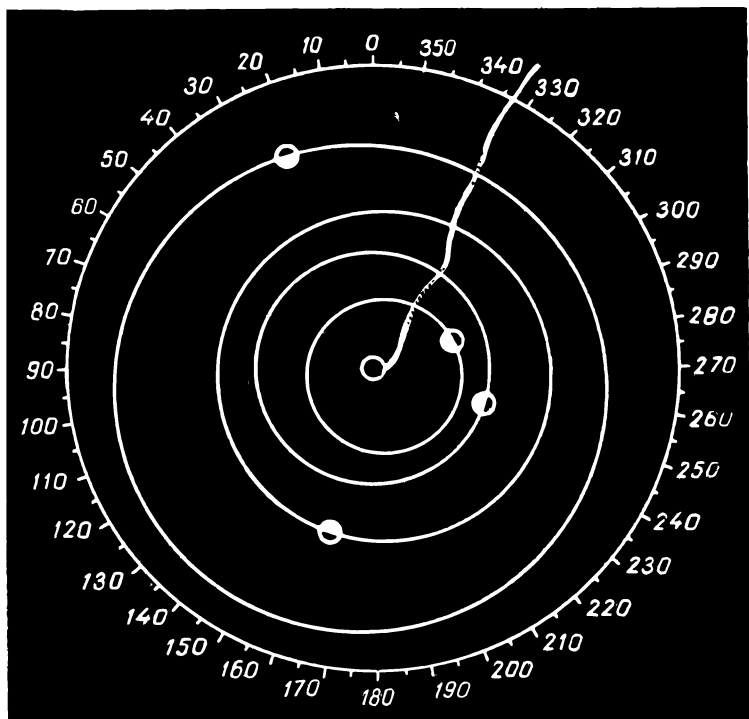


Рис. 38. Модель планетной системы М. Е. Набокова.

Вверху — вид спереди; внизу — вид сбоку.

Для школьной астрономической площадки может быть полезной модель Р. И. Цветова (рис. 39). В центре диска (диаметром 1—1,5 м) установлен шар, изображающий Солнце, а вокруг него вычерчиваются в определенном масштабе орбиты планет, видимых невооруженным глазом. Планеты изображены разноцветными шариками с острями, позволяющими укрепить их в любой точке орбиты, соответствующей данному дню¹. В нижней части модели имеется ось, укрепленная под углом $66^{\circ},5$ к плоскости диска.

¹ Гелиоцентрические долготы указаны в «Астрономическом календаре ВАО».

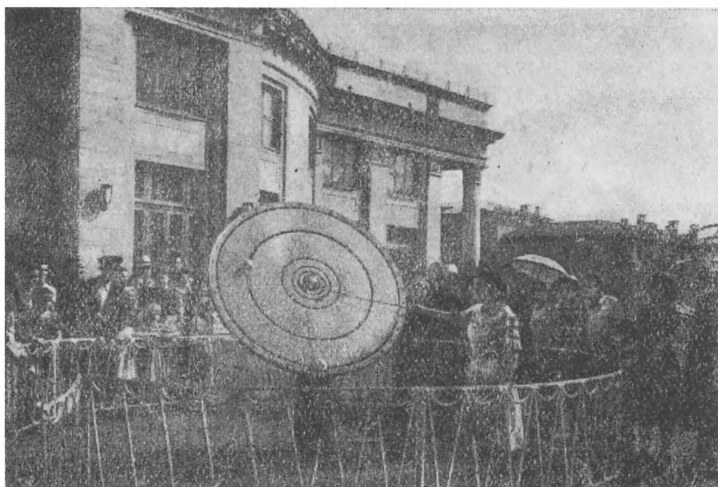


Рис. 39. Модель планетной системы на астрономической площадке Волгоградского планетария.

Ось позволяет диску вращаться во втулке, закрепленной на столбе высотой 80—90 см. Ось втулки направлена к Полярной звезде. Поворотом диска линия Земля—Солнце направляется на место, где в данный момент на небе находится Солнце. При этом можно видеть, какие планеты будут наблюдаться вечером или ночью, определить их конфигурации и т. д.

Наглядное представление о размерах планетной системы можно дать на моделях, «построенных» на местности (пришкольный участок, местность вокруг школы, народной обсерватории, Дома пионеров и т. д.).

§ 18. ДРУГИЕ МОДЕЛИ ПО КУРСУ АСТРОНОМИИ

Модель для объяснения приливов

Модель (рис. 40) состоит из обода D , изображающего поверхность океанов, диска C , изображающего Землю, и спиральной пружины. Пружина проходит по диаметру обода D , и в центре обода к ней прикреплен диск C . Для демонстрации один конец пружины закрепляют в

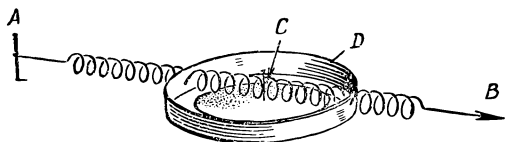


Рис. 40. Модель для объяснения приливов (по О. Лоджу и М. Е. Набокову).

точке A , а за другой

тянут в направлении *B*. При этом в направлении *B* смещается центр диска и все точки обода, принимающего форму овала с выступами в направлениях *A* и *B*. Вращая диск *C*, показывают смену приливов и отливов в одном и том же месте Земли.

Модели для объяснения параллакса

1. Для объяснения горизонтального параллакса можно применять модель, состоящую из географического глобуса, шарика на подставке и двух длинных стержней (рис. 41). Помещая конец одного стержня в разные места поверхности глобуса и приводя стержень в соприкосновение с шариком, можно показать направления, по которым видно светило из разных мест Земли. Затем, располагая один из стержней примерно по радиусу глобуса, а другой по касательной к глобусу, ввести понятие горизонтального параллакса.

2. Для пояснения годичного параллакса на обычном штативе (рис. 42) закрепляется кольцо, изображающее светило. Вставляя один конец указки в кольцо, другим ее концом обводят по окружности, начерченной на столе. К указке прикреплен электрический фонарик с точечной лампочкой. Переставляя штатив и передвигая зажим с шариком, можно показать изменение формы и размеров параллактической кривой (окружность, эллипс).

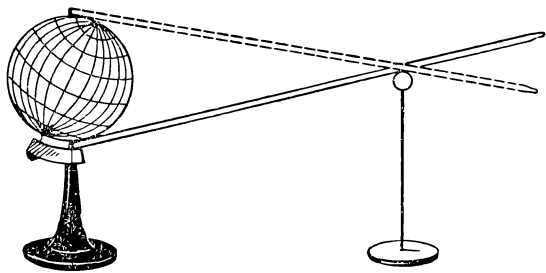


Рис. 41. Модель для объяснения горизонтального параллакса.

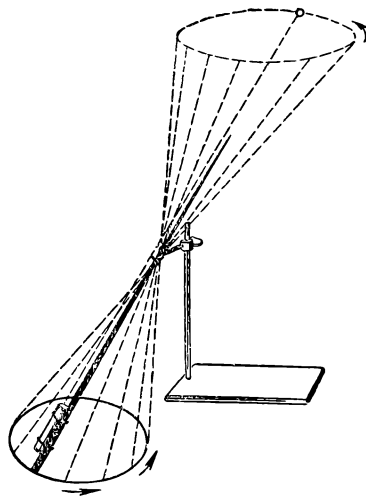


Рис. 42. Модель на объяснения годичного параллакса.

Модели лунной поверхности

Школьный глобус Луны (рис. 43) наряду с картами и фотографиями Луны является полезным пособием для формирования общего представления о Луне как небесном теле.

Для более подробного изучения поверхности Луны желательно иметь рельефную карту или хотя бы модель участка лунной поверхности. Такая модель может быть изготовлена из темного пластилина. Особенности лунного рельефа (низменности, горы, цирки) хорошо заметны в области Моря Дождей. Если цирк Архимед изобразить диаметром 3—4 см, то и размеры остальных образований следует выдержать в выбранном масштабе. Подобная модель может быть использована для сопоставления земных вулканов и лунных кольцевых гор, для объяснения плохой видимости рельефа лунной поверхности в полнолуние и т. д.

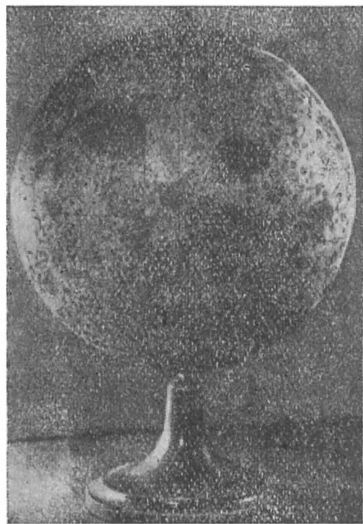
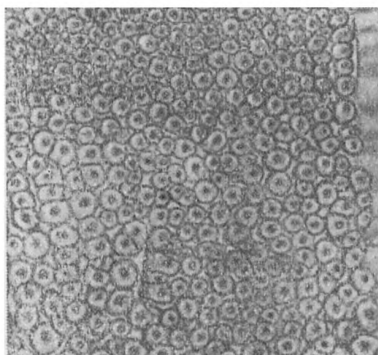


Рис. 43. Глобус Луны.

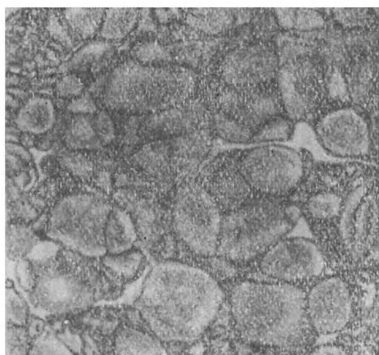
Некоторые формы лунного рельефа можно воспроизвести, бросая на слой сыпучего вещества (цемент, зубной порошок и т. д.), лежащего на твердом основании, комки из того же вещества. Это позволит получить фигуры, обладающие большим сходством с лунными цирками (кольцевой вал, центральная горка, лучистые выбросы). Наиболее удачные цирки можно сфотографировать и показать на уроке астрономии.

Модель солнечной грануляции

Грануляция обусловлена конвективными движениями на Солнце. Конвекцию можно наблюдать при нагревании любой жидкости. Для воспроизведения солнечной грануляции используют расплавленный парафин. Если медленно нагревать слой парафина толщиной около 3 мм, то можно наблюдать картину стационарной конвекции в виде большого числа четко очерченных многогранников одинакового размера (рис. 44, а). С увеличением глубины и скорости разогрева устойчивые ячейки разрушаются, образуются перемещающиеся нерегулярные многогранники разных размеров (рис. 44, б). Эту нестационарную конвекцию можно наблюдать в парафине при толщине слоя 12 мм.



а



б

Рис. 44. Искусственное воспроизведение картины «солнечной» грануляции.

Пространственная модель расположения ближайших к Солнцу звезд

Для разъяснения учащимся взаимного расположения и физических характеристик звезд применяются пространственные модели, в которых звезды изображены шариками, подвешенными на нитях. Одна из таких моделей охватывает окосолнечное пространство радиусом 5 парсек (16,3 световых лет), включающее вместе с Солнцем 50 звезд. Каркас модели, изготовляемый из двух квадратов и четырех реек, имеет размеры $500 \times 500 \times 600$ мм (рис. 45). Звезды изображены шариками, окраска которых соответствует температурам звезд. Диаметр шарика, изображающего Солнце, равен 1,5 см (автор модели А. Д. Могилко).

В заключение отметим, что астрофизическая часть курса меньше всего обеспечена наглядными моделями и приборами. Это связано с: а) чрезмерным преувеличением роли и трудности изучения сферической астрономии, на наглядное объяснение которой, к сожалению, до сих пор направлено основное внимание учителей и методистов; б) недооценкой значения астрофизических моделей, которые якобы могут быть полностью заменены диапозитивами и картинками; в) сравнительной трудностью (а в ряде случаев и принципиальной невозможностью) моделирования астрофизических процессов.

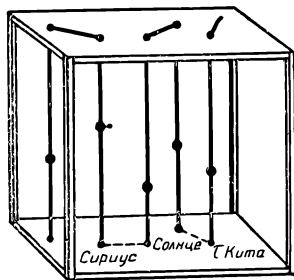


Рис. 45. Пространственная модель расположения ближайших к Солнцу звезд.

§ 19. „ПЛАНЕТАРИЙ“

Оптический аппарат «планетарий» (рис. 46) представляет собой сложный проекционный фонарь, дающий изображения светил на сферическом куполе-экране. «Звездные шары» соединены с центральной частью аппарата фермами. Большой аппарат «планетарий Цейсса» снабжен семью моторами, которыми управляет лектор со своего пульта. Моторы позволяют перемещать светила с разными, но всякий раз очень большими скоростями. Благодаря этому за несколько минут можно наглядно показать явления годичного движения планет, Луны, Солнца и т. п. Малый «планетарий Цейсса» является также оптическим «планетариумом», но годового движения он не имеет: планеты, Солнце и Луна демонстрируются с помощью отдельных проекторов, приводимых в движение вручную.

Другие малые «планетарии» (УП-4, УПП-2, М-РЗ) являются «точечными» (рис. 47), т. е. звездное небо проецируется с помощью полушарий (или шара) с многочисленными отверстиями и «точечной» лампой, расположенной в центре каждого полушария. Эти аппараты просты в обращении и приводятся в движение руч-

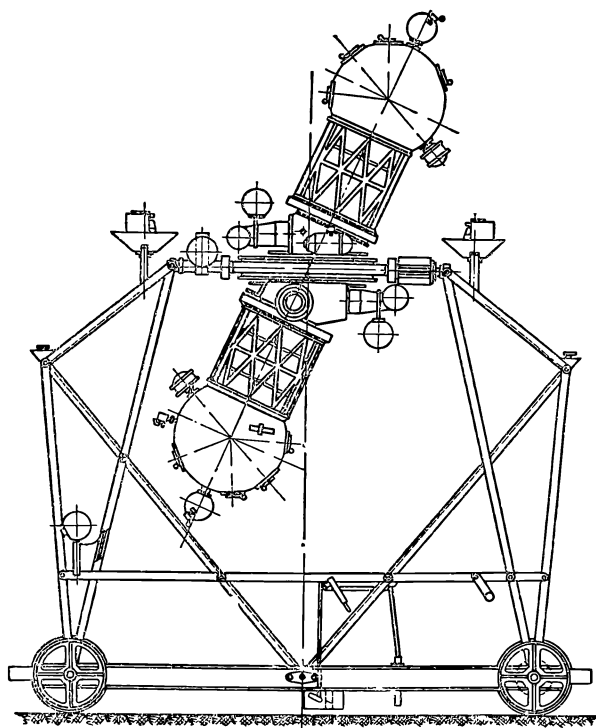


Рис. 46. Аппарат «планетарий».

ную. Они позволяют демонстрировать вид звездного неба на разных широтах, суточное движение светил и ряд других явлений. Простота устройства малых «планетариев» позволяет изготовить их в школьных мастерских силами учащихся. Примером творческого использования этого опыта является работа «планетария» (рис. 48), построенного в школе № 48 г. Саратова¹. Купол-полусфера (диаметром 6 м), на который проецируются светила, крепится к потолку объединенного кабинета физики, электротехники и астрономии и в сложенном виде напоминает большую потолочную розетку (рис. 49). Подъем и спуск купола требует всего лишь 8—10 сек и производится электродвигателем, управляемым с общего пульта на демонстрационном столе. Это позволяет оперативно воспользоваться «планетарием» (рис. 50), а также эпидиаскопом и автоматизированным кинопроектором на любом уроке астрономии. Купол состоит из трех основных частей: проволочного каркаса,

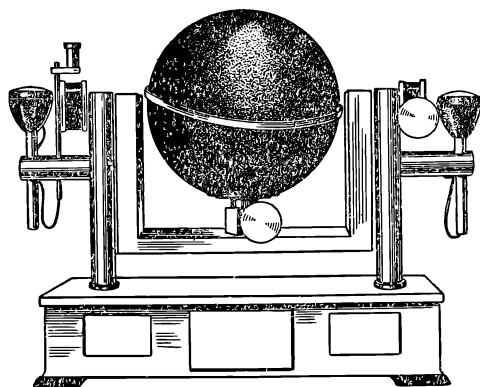


Рис. 47. Малый передвижной «планетарий».

Купол состоит из трех основных частей: проволочного каркаса,

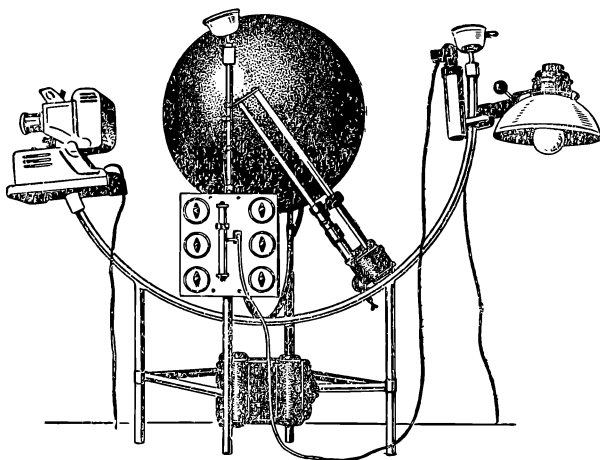


Рис. 48. Самодельный «планетарий».

¹ Учитель Ф. В. Алексеев.

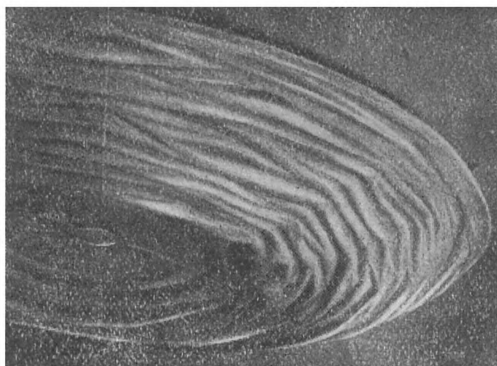


Рис. 49 Купол планетария (до начала демонстрации).

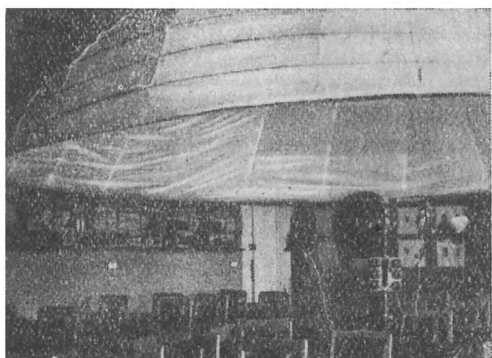


Рис. 50. Рабочее положение планетария и купола.

поверхности полусферы (отбеленная ткань), подъемного механизма. Каркас состоит из 20 колец (из стальной проволоки диаметром 4—5 мм) и одного нижнего кольца (из сосновых реек прямоугольного сечения размером 20 × 40 мм). Диаметр нижнего кольца равен 6 м, а его длина $l_0 = \pi D = 18,84$ м. Длина последующих колец определяется по формуле $l_n = l_0 \cos(4^\circ, 5 \cdot n)$, где n — порядковый номер кольца, начиная со второго; $(4^\circ, 5 \cdot n)$ — угловое удаление данного кольца от нижнего (рис. 51). Расстояние между кольцами (по дуге сферы) равно 23,5 см. Оно вычисляется по формуле: $b = \frac{\pi D}{4n}$, где D — диаметр сферы, n — число колец. Нижние 6—7 колец связываются мягкой стальной проволокой диаметром 0,5—0,6 мм, а к седьмому подвязываются 200 концов шпагата, с помощью которого крепятся все остальные кольца каркаса. Для подвески каркаса к потолку изготавливается круг диаметром 200 м из дюрала толщиной 3—4 мм. По краям круга просверливают 100 отверстий. Чтобы обеспечить сферичность купола при его вязке, используют реечный шаблон, прикладываемый снизу к сфере каркаса. На нижнем кольце готового каркаса есть восемь легких блоков. Такие же блоки укрепляются и на потолке. По всей внешней сфере каркаса на каждом кольце против каждого блока делаются проволочные петли для пропускания через них подъемных тросов. Под потолком на стене в подшипниках крепится подъемный вал диаметром около 30 мм и длиной свыше 6 м. Вал должен вращаться от электромотора с редуктором. Каждый из четырех подъемных стальных

тросов (диаметром 1,5 мм) должен проходить от подъемного вала к потолочному блоку, затем к блоку нижнего кольца и через петли всех колец сферы (с внешней стороны) к диаметрально противоположному блоку нижнего кольца и снова к валу. Такая система обеспечивает равномерный подъем и спуск купола.

Отметим некоторые общие недостатки демонстраций с «планетарием». Даже лучшие аппараты «планетарии» позволяют наблюдать далеко не полную картину явлений природы (затмения, кометы и т. д.). Правильному восприятию очертаний созвездий мешает параллактическое искажение неба для зрителей, сидящих в разных точках аудитории. Учащиеся видят зенит не над головой, а в стороне и тем дальше, чем дальше каждый из них находится от аппарата (рис. 52). При этом высота полюса мира оказывается иной, чем она видна из центра аудитории. Наибольшее искажение очертаний созвездий происходит для учащихся, сидящих ближе к стене зала. Впечатления от этих искажений ослабляются при демонстрации суточного вращения звездного неба, когда созвездия из северной части небосвода переходят в южную.

Отрицательное влияние этих недостатков значительно снижается, если первоначальное ознакомление с созвездиями и отдельными звездами происходило до посещения планетария, во время наблюдений настоящего звездного неба. Поэтому демонстрации с аппаратом «планетарий» должны не заменять, а дополнять самостоятельные наблюдения учащихся.

§ 20. ДИАПОЗИТИВЫ, ДИАФИЛЬМЫ, КИНОФИЛЬМЫ, ТАБЛИЦЫ

Эти наглядные пособия в некоторой степени восполняют недостаток моделей по астрофизической части курса. Для демонстрации диапозитивов можно воспользоваться любым проекционным аппаратом школьного физического кабинета (например, проектором УП-2) или типовым проектором ФОС-115. Для демонстрации диа-

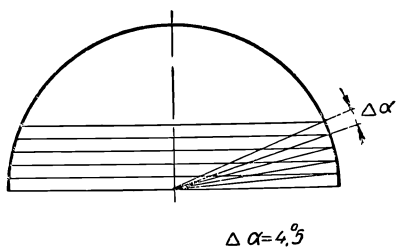


Рис. 51. К расчету купола.

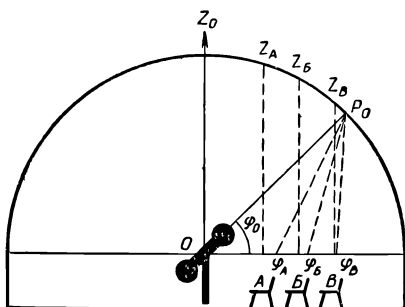


Рис. 52. Разрез купола планетария и положение наблюдателя.

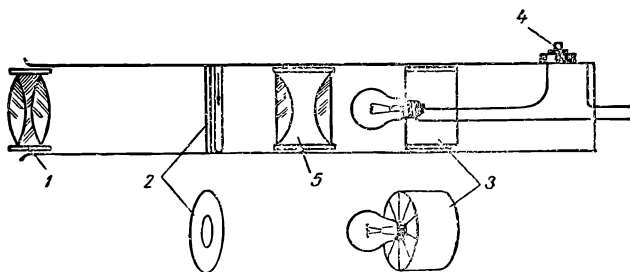


Рис. 53. Световая указка (по А. Д. Могилко).

фильмов более удобен проектор УП-2. Если его нет, можно использовать новый школьный фильмоскоп Ф-64.

При демонстрации диапозитивов и диафильмов удобно использовать световую указку (рис. 53), позволяющую сосредоточить внимание учащихся на деталях показываемого сюжета. Световая указка — это ручной проекционный фонарь. Объективом 1 может быть линза с фокусным расстоянием 5—20 см. В зависимости от имеющейся оптики длина трубки будет 20—40 см при диаметре 3—5 см. Диафрагма 2 устанавливается в фокусе объектива. Источником света является автомобильная лампочка 3 на 6—12 в, положение которой относительно диафрагмы и объектива может изменяться для юстировки фонаря. На трубке устанавливается выключатель 4. Двухлинзовый конденсор 5 обеспечивает лучшее качество изображения стрелки. Если учитель находится вблизи экрана, то можно воспользоваться обычной указкой. (Следует иметь в виду, что учащиеся видят не только указку, но и ее тень.) Чтобы указка и ее тень не показывали разные детали диапозитива, рекомендуется только слегка касаться экрана.

В продаже имеется набор диапозитивов по всему курсу астрономии, а также серия диапозитивов по теме «Освоение космоса»¹. Эта серия содержит 92 диапозитива, относящихся к следующим вопросам космонавтики: 1) история; 2) ракеты, ракетные двигатели, управление ракетами; 3) искусственные спутники Земли; 4) полеты к Луне; 5) межпланетные полеты; 6) способы наблюдения искусственных спутников Земли и ракет; 7) научные исследования и открытия; 8) состояние невесомости, перегрузки; 9) полет человека в космос; 10) будущее космонавтики.

Подбирая диапозитивы к отдельным урокам, следует помнить, что мимолетная демонстрация большого количества диапозитивов методически не оправдывает себя. Поэтому нужно отобрать минимальное количество сюжетов, тесно связанных с излагаемым материалом. Демонстрация диапозитивов должна сопровождать рассказ учителя, т. е. диапозитивы нужно по возможности показывать

¹ Составитель А. Д. Могилко.

по ходу изложения. Мы обращаем на это внимание в связи с часто встречающейся практикой показа всех приготовленных диапозитивов, после того как объяснение материала закончено. С другой стороны, изложение материала не должно быть подчинено диапозитивным сюжетам, так как в этом случае рассказ учителя сводится к объяснению диапозитивов и изобилует ненужными, часто повторяющимися словами: «На этом диапозитиве вы видите...», «Вот это...», «А здесь мы видим ...» и т. д. Если учитель методически правильно проводит объяснение материала с диапозитивами, то все лишние слова за него «говорит» его указка. Кроме диапозитивов, в школе следует иметь такие диафильмы, как «Звездное небо», «Луна», «Планеты и малые тела Солнечной системы», «Солнце» и др.

Готовясь к уроку, следует отметить те кадры из данного диафильма, на которые надо обратить внимание учащихся. Эта работа значительно облегчается, если диафильмы состоят из поурочных фрагментов. Именно так выполнены диафильм «Планеты и малые тела Солнечной системы», «Происхождение и развитие небесных тел».

Школьный киноаппарат нужно использовать во время уроков и во внеурочное время для демонстрации учебных и научно-популярных кинофильмов по астрономии. В последние годы выпущен ряд звуковых учебных кинофильмов и кинофрагментов («Как наблюдают и изучают небесные тела», «Метеоры и метеориты», «Солнечная система», «Солнце», «Практическое применение астрономии», «Движение спутников Юпитера», «Переменные звезды», «Видимое и истинное движение планет», «Двойные звезды» и др.).

Применение настенных астрономических таблиц не требует времени на подготовку помещения для демонстрации, дает возможность учащимся делать необходимые записи во время объяснения учителя и использовать материал таблиц при своих ответах. Ответы становятся более связными, последовательными. Записи разгружают память учащихся от механического запоминания второстепенных фактов и цифр, без упоминания которых рассказ был бы все-таки недостаточно полным. Особенно важны поурочные таблицы, в которых не только содержание, но и расположение наглядного материала соответствует наиболее эффективному раскрытию темы данного урока. Такие таблицы облегчают работу учителя и учащихся, перед которыми находится не просто наглядный материал, а своеобразный план-конспект урока.

В 1964 г. выпущено третье издание серии наглядных таблиц по астрономии. Серия включает 20 таблиц. По своей тематике таблицы иллюстрируют все основные вопросы школьного курса астрономии. При переиздании материал дополнен и обновлен на основе результатов, полученных в последние годы. Созданы новые таблицы по Луне, радиоастрономии и космонавтике, вместо одной прежней таблицы «Солнце» разработаны три новые таблицы и т. д. Во второй части книги мы неоднократно будем обращаться к вопросу об использовании таблиц, диапозитивов, диафильмов и кино.

Глава III

• АСТРОНОМИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ И ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ

§ 21. РОЛЬ И СПЕЦИФИКА НАБЛЮДЕНИЙ

Наблюдения и практические занятия играют исключительно важную роль в процессе формирования астрономических понятий. Наблюдения являются эффективным методом научно-атеистического воспитания учащихся. Они повышают интерес к изучаемому предмету, связывают теорию с практикой, развивают такие качества, как наблюдательность, внимательность, дисциплинированность.

В процессе наблюдений формируются не только понятия, но также умения и навыки. Например, на уроке учитель объясняет правила пользования подвижной картой звездного неба. Эти простые правила легко усваиваются: учащиеся сразу же после объяснения учителя «умеют» пользоваться картой. Однако только после многократных повторений (решение задач, самостоятельные наблюдения) вырабатывается необходимый навык обращения с картой. Аналогичную роль играют наблюдения в формировании навыков обращения со школьным телескопом, теодолитом, астрономическим календарем, звездным атласом и т. п.

Специфика наблюдений обусловлена, во-первых, особенностями астрономических явлений. Например, на данной географической широте вид неба в течение года меняется, а потому невозможно в один вечер познакомить учащихся со всеми основными созвездиями, характерными для разных времен года. Несколько наблюдений нужно провести, чтобы изучить смену фаз Луны; далеко не всегда возможны наблюдения затмений, метеорных потоков и т. п. Во-вторых, астрономические наблюдения существенно зависят от погоды, из-за которой иногда на протяжении ряда недель невозможно наблюдать небесные явления.

§ 22. ИЗУЧЕНИЕ ЗВЕЗДНОГО НЕБА

Знание звездного неба важно для изучения всех разделов курса астрономии. В любое время года в данном месте доступны наблюдению лишь околополюсные созвездия. Из околополюсных созвездий наиболее важны Большая Медведица, Малая Медведица и Кассиопея. Семизвездие Большой Медведицы известно всем (рис. 54). Звезды α и β Большой Медведицы помогут отыскать Полярную звезду (рис. 55). Ковш Малой Медведицы содержит лишь три звезды (α , β , γ) ярче четвертой звездной величины. В направлении Алиот — Полярная видно созвездие Кассиопеи, пять

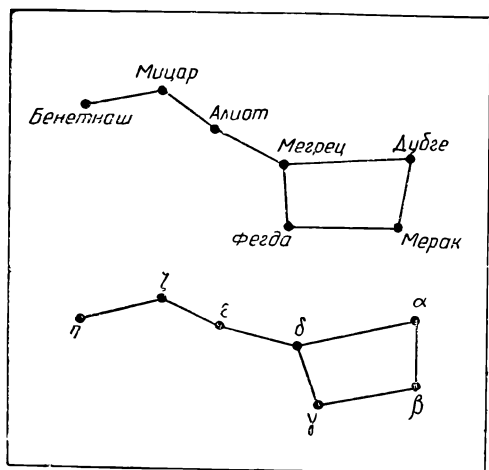


Рис. 54. Обозначения семи наиболее ярких звезд созвездия Большой Медведицы.

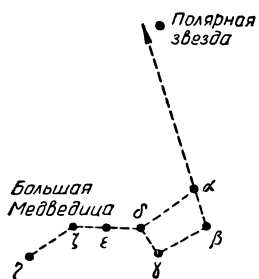


Рис. 55. К нахождению Полярной звезды.

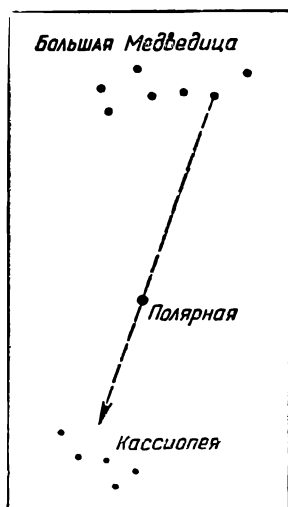


Рис. 56. Взаимное расположение созвездий Большой Медведицы и Кассиопеи.

звезд второй и третьей величины которой образуют хорошо знакомую фигуру, напоминающую перевернутую букву *M* (рис. 56). Рекомендуется запоминать характерные фигуры, образуемые наиболее приметными звездами. Это позволяет учащимся, обычно быстро запоминающим положения созвездий относительно горизонта, научиться находить нужное созвездие в любое время и в любом месте по околополюсным созвездиям.

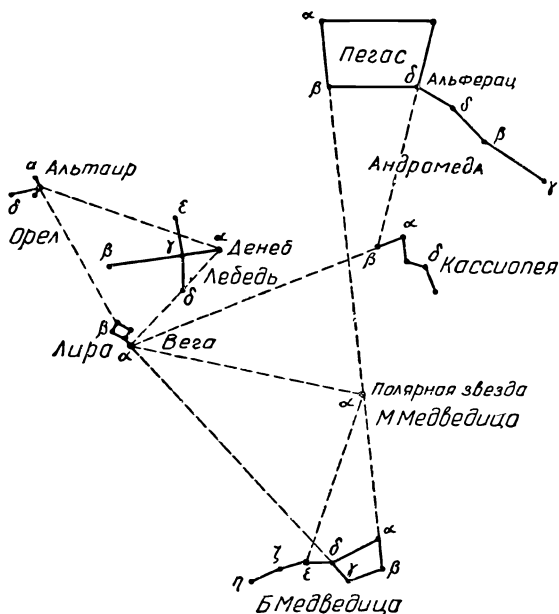


Рис. 57.
Взаимное расположение ярких звезд осеннего неба.

Вечернее осеннее небо

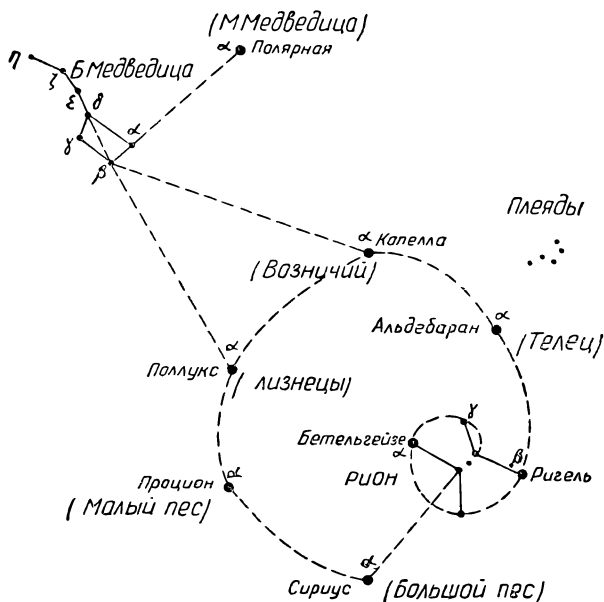
Вблизи самой яркой звезды северного полушария неба — *Веги* — расположены четыре более слабые звезды, образующие фигуру маленького параллелограмма созвездия Лиры. К созвездию Лиры примыкает крестообразная фигура созвездия Лебеда с яркой звездой Денебом.

Звезды Вега, Денеб и Альтаир (α Орла) образуют хорошо заметный треугольник (рис. 57). Осень удобное время для наблюдения созвездий Пегаса и Андромеды. Левее Андромеды на продолжении линии α , β и γ Андромеды хорошо заметны три звезды γ , α и δ Персея. Пользуясь подвижной картой звездного неба, нетрудно найти несколько в стороне от этих звезд звезду Алголь (β Персея).

Вечернее зимнее небо

Для конца декабря характерно созвездие Ориона с яркими звездами Бетельгейзе (α) и Ригель (β) и отчетливо различимым «поясом», образуемым звездами δ , ϵ и ζ . Если представить себе (рис. 58) спиральную линию, начинающуюся от звезды δ Ориона и проходящую против часовой стрелки через звезды, расположенные в углах четырехугольника Ориона, и мысленно продолжить эту спираль, то она последовательно пройдет через Альдебаран

Рис. 58.
Взаимное расположение ярких звезд зимнего неба.



(α Тельца), Капеллу (α Возничего), Поллукс (β Близнецов), Прoцион (α Малого Пса) и Сириус (α Большого Пса). Для контроля можно иметь в виду, что Капелла находится на прямой $\gamma - \beta$ Б. Медведицы, а Поллукс — вблизи направления $\delta - \beta$ Б. Медведицы.

Вечернее весеннее небо

В апреле к знакомым созвездиям можно добавить созвездия Волопаса и Льва. На звезду Арктур (α Волопаса) указывает ручка ковша Б. Медведицы (рис. 59). Рядом с созвездием Волопаса заметно характерное созвездие Северной Короны. Если продолжить кривую, проходящую через звезды ручки ковша Б. Медведицы и Арктур (рис. 59), то можно отыскать яркую звезду Спика (α Девы). α Льва (Регул) находится на продолжении отрезка прямой, соединяющей δ и γ Б. Медведицы. Яркие звезды созвездия Льва образуют отчетливо видимую трапецию. Более подробные рекомендации по изучению звездного неба имеются в книгах В. П. Цесевича «Что и как наблюдать на небе», Ф. Ю. Зигеля «Сокровища звездного неба» (путеводитель по созвездиям), а также в литературе, указанной на странице 107.

Учащиеся должны уметь находить следующие созвездия: Б. и М. Медведицы, Кассиопеи, Лиры, Лебеда, Орла, Пегаса, Андромеды, Персея, Ориона, Тельца, Возничего, Близнецов, Малого

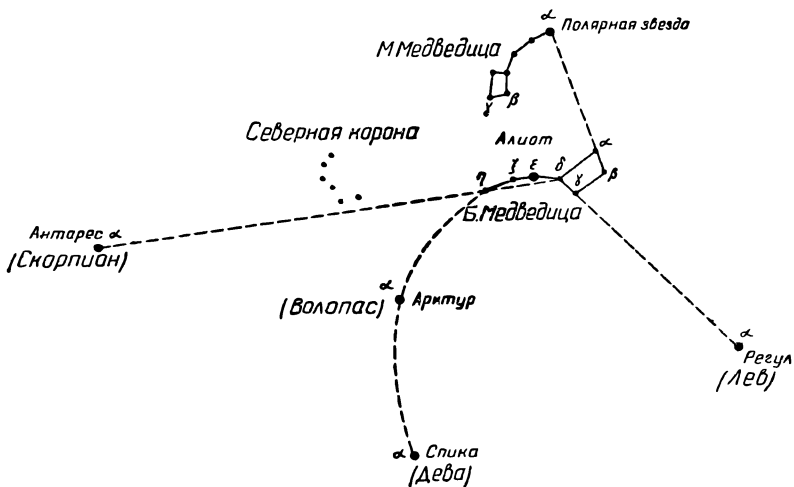


Рис. 59. Взаимное расположение ярких звезд весеннего неба.

и Большого Пса, Волопаса, Льва. Если в ходе изложения учебного материала учителю придется упоминать созвездия, не входящие в этот список (например, Геркулес в связи с шаровым скоплением в нем и т. п.), то каждый раз следует разъяснять, как расположено данное созвездие относительно уже знакомых.

В основном учащиеся должны изучать звездное небо самостоятельно. Учителю следует, во-первых, на уроке познакомить учащихся с основными методами нахождения созвездий и ориентировки по ним; во-вторых, на первом вечернем занятии самому показать, как можно найти те или иные созвездия по известным околополюсным; в-третьих, каждое вечернее занятие начинать с общего обзора неба и проверять знание звездного неба учащимися; в-четвертых, при опросе чаще ставить вопросы, связанные с самостоятельными наблюдениями звездного неба.

Общее ознакомление с основными созвездиями следует сопровождать простейшими астрофизическими наблюдениями, обращая внимание на различие цветов и блеска звезд, кратко характеризуя некоторые из наиболее ярких звезд (расстояния, размеры, температура, полное количество излучаемой энергии по сравнению с Солнцем). Например, показав на небе Вега, можно сообщить, что эта звезда в два с лишним раза больше Солнца по диаметру, свет от нее к нам идет почти 27 лет (а от Солнца примерно 8,3 мин!), температура ее поверхности свыше $10\,000^\circ$, т. е. она горячее Солнца, имеющего температуру поверхности 6000° . Цвет звезды зависит от ее температуры, а потому Вега в отличие от Солнца (желтой звезды) светит белым светом. Благодаря большим размерам и высокой температуре Вега каждую секунду излучает в пространство

энергии примерно в 40 раз больше, чем Солнце. Данные для подобных характеристик некоторых других звезд приведены в «Школьном астрономическом календаре».

Не следует упускать возможность показать в телескоп наиболее интересные объекты изучаемого созвездия (например, галактику в Андромеде, туманность в Орионе и т. п.). Основным пособием для изучения звездного неба является подвижная карта звездного неба. Учащимся, проявившим особый интерес к изучению звездного неба, можно рекомендовать также «Учебный звездный атлас». При определении цветности полезно знать, что температура Бетельгейзе равна 3000° (красная звезда), Капеллы — 6000° (желтая звезда), Ригеля — $12\,000^\circ$ (голубовато-белая звезда).

§ 23. НАБЛЮДЕНИЯ ЛУНЫ

Визуальные наблюдения Луны

С основными контурами «морей» учащиеся могут познакомиться с помощью 6-кратного бинокля или школьного теодолита. При этом достаточно ограничиться наблюдением Луны в полнолуние, когда видно сравнительно немного мелких деталей. Название наблюдаемых лунных «морей» учащиеся определяют по имеющейся в учебнике схематической карте Луны. Кроме «морей», в полнолуние можно разглядеть наиболее важные кратеры (Гримальди, Риччиоли, Платон), а также ряд кратеров с лучевыми системами (Коперник, Кеплер, Аристарх, Тихо).

Отдельным учащимся можно предложить измерить угловой диаметр Луны. Для этого в полнолуние с помощью школьного теодолита измеряется интервал времени t , в течение которого диск Луны пересекает вертикальную нить окуляра. Зная, что каждой секунде соответствует перемещение Луны на $15'' \cos \delta$, где δ — склонение Луны в момент наблюдения, находим, что

$$d'' = 15t \cos \delta.$$

Выбор увеличения (30—50 раз) при наблюдении Луны в телескоп во многом зависит от условий наблюдения (высота Луны над горизонтом, спокойствие атмосферы и т. д.).

Наиболее благоприятен для наблюдений кратеров, цирков и горных хребтов возраст Луны 8—9 дней, поскольку в это время удобно рассмотреть лунные Альпы и Кавказ, область кратеров Аристилл, Архимед и Автолик, куда космическая ракета «Луна-II» доставила вымпел СССР; кратер Альфонс, из центральной горки которого 4 ноября 1958 г. советский астроном Н. А. Козырев наблюдал выделения газов; гигантский цирк Клавий, вал и дно которого покрыты большим количеством мелких кратеров, и т. д.

Фотографические наблюдения Луны

Луна является одним из самых доступных объектов для фотографирования. Фотографирование Луны может быть предложено некоторым членам школьного астрономического кружка в качестве темы самостоятельной работы.

а) *Фотографирование в главном фокусе объектива телескопа.* Это наиболее простой вид съемки, для которой достаточно отвинтить у телескопа окуляр, а у фотоаппарата — объектив (затвор остается на месте). Камера укрепляется на окулярном конце телескопа и фокусируется сначала по матовому стеклу, а затем проведением ряда проб по звездам. «Моментальная» экспозиция (около $\frac{1}{10}$ сек) осуществляется с неподвижным телескопом. Короткие выдержки требуют применения высокочувствительного материала. Рекомендуется использовать ортохроматические или изохроматические пластинки или пленку и применять желтый светофильтр, устраняющий синие и фиолетовые лучи, к которым не ахроматизирован объектив визуального телескопа.

Диаметр лунного диска на негативе (в см) будет примерно равен фокусному расстоянию объектива телескопа (в м). Точнее: $d = \frac{F}{111}$, где d — диаметр изображения в миллиметрах, а F — фокусное расстояние объектива телескопа в миллиметрах.

б) *Фотографирование с окулярным увеличением.* Диаметр изображения, в фокусе объектива школьного телескопа мал (около 8 мм). Однако если окуляр телескопа не вывинчивать, а вывинтить лишь объектив фотокамеры, то можно получить на негативе изображения диаметром в несколько сантиметров. Крупные изображения имеют небольшую яркость и требуют сравнительно длинных экспозиций (0,5—5 сек). Можно с успехом применять самодельное устройство, описанное на странице 46. Однако большие требования предъявляются к механической части телескопа, поскольку необходимо получить резкое изображение смещающегося объекта. Иногда удается хорошо отрегулировать монтировку телескопа-экваториала и добиться резкого изображения с помощью гидирования по одной координате. Вообще же часовой механизм желателен.

Для проведения наблюдений Луны в астрономическом кружке полезна книга Н. Н. Сытинской «Луна и ее наблюдение» (Гостехиздат, 1956).

§ 24. НАБЛЮДЕНИЯ СОЛНЦА

Для наблюдений Солнца пригодны школьные телескопы, бинокли, теодолиты, самодельные телескопы-рефлекторы или рефлекторы.

Визуальные наблюдения Солнца

Лучшим методом групповых визуальных наблюдений Солнца в школе являются экранные наблюдения. Это наиболее удобный и безопасный метод. Школьный телескоп-рефрактор снабжен экранной установкой (стержни и экран). Полезно по возможности защитить экран от постороннего света. Для этого достаточно изготовить из плотной черной бумаги камеру, в которую помещается окулярная часть инструмента вместе с экраном. Вблизи экрана камера должна иметь вырез в правой части боковой стенки, чтобы видеть изображение Солнца и зарисовать его.

Экранная установка позволяет демонстрировать вид солнечной поверхности, выполнять учебные зарисовки Солнца, а также проводить систематические научно-любительские наблюдения Солнца на стандартных форматках с заранее нанесенным контуром изображения (окружность диаметром 10 см).

При наличии в школе нескольких телескопов целесообразно один из них с экранной установкой специально приспособить для наблюдений Солнца, а другие, применяющиеся обычно для наблюдения Луны, планет и т. д., использовать (в период изучения темы «Солнце») для окулярных наблюдений Солнца. Непосредственные наблюдения Солнца в окуляр проводятся только в случае надежной защиты глаз от яркого света темным стеклом (плотный цветной или нейтральный фильтр), помещаемым между глазом и окуляром. Применение в качестве темных стекол засвеченных и проявленных фотографических пленок совершенно недопустимо, поскольку пленки обычно изготавливаются на нитроцеллюлоидной подложке, легко плавящейся или даже воспламеняющейся при наблюдениях Солнца. Не рекомендуется также использовать в качестве темных стекол засвеченные и обработанные фотопластины, поскольку желатиновый слой пластинки может быть поврежден лучами Солнца. Можно применять защитные стекла, которыми пользуются электросварщики. Пригодны также закопченные обычные стекла. Чтобы слой копоти не стирался, закопченное стекло покрывают вторым стеклом и оклеивают по краям.

Солнечный окуляр или темное стекло применяют при обязательном диафрагмировании объектива. Диафрагму можно изготовить в виде крышки с круглым отверстием диаметром 0,5—0,3 диаметра объектива. При соблюдении указанных предосторожностей непосредственные наблюдения в окуляр можно рекомендовать как эпизодические, в то время как для систематических визуальных наблюдений Солнца в школьном кружке необходима экранная установка. Интересны комбинации тех и других наблюдений, методические возможности которых не равноценны. Так, на экране легко установить наличие на Солнце пятен, факелов, обнаружить изменение вида и количества пятен. Однако структура пятен эффективнее обнаруживается при непосредственных наблюдениях

без экрана. При этих наблюдениях большое впечатление производят также факельные поля и отдельные факелы; особенно обращает на себя внимание резкий край солнечного диска и потемнение к краю диска. Зарисовывая расположение солнечных пятен, надо каждый раз определять направления суточной параллели Солнца. Это направление получается весьма просто. При неподвижном инструменте изображение Солнца перемещается по экрану. Отметив на экране два последовательных положения одного и того же пятна, получаем направление суточной параллели (Восток—Запад) на диске Солнца.

В астрономическом кружке полезно проводить обработку наблюдений Солнца, руководствуясь инструкцией, имеющейся в «Справочнике любителя астрономии» П. Г. Куликовского и в постоянной части «Астрономического календаря ВАГО».

Фотографические наблюдения Солнца

Интересной темой практической работы астрономического кружка является фотографирование Солнца.

Принципиально методика фотографирования Солнца не отличается от методики фотографирования Луны. Специфика фотографических наблюдений Солнца состоит в необходимости ослабления яркого солнечного света, использовании малочувствительного фотографического материала и применении моментальных экспозиций. Даже при самом малочувствительном фотоматериале и диафрагмированном объективе фотографирование Солнца в фокусе объектива требует экспозиции $\frac{1}{250} - \frac{1}{500}$ сек. Желательно, чтобы шторка затвора была сделана из металла, а не из каучука или другого горючего материала, который может расплавиться или сгореть. В качестве меры предосторожности объектив телескопа, направленного на Солнце, нужно закрывать крышкой, которую снимают лишь при наведении на резкость и во время экспозиции. Кроме диафрагмы, необходимо применять другие ослабители света, например светофильтры, установленные перед окуляром телескопа или между окуляром и фотопленкой (фотопластинкой). Фотографируется Солнце на диапозитивные или репродукционные несенсибилизированные фотопластинки (или фотопленки) с зеленым или нейтральным светофильтром. Эти фотоматериалы имеют малую чувствительность (от 1 до 4 ед. ГОСТа) и мелкозернисты. При использовании других сортов пленок или пластинок (ортохром, панхром, изоортохром) применяются темно-желтые, оранжевые и красные светофильтры. При фотографировании с окулярным увеличением (около 30 раз) применение малочувствительного фотоматериала, диафрагмирования и светофильтров делает возможным экспозиции порядка $\frac{1}{10} - \frac{1}{25}$ сек, причем продолжительность экс-

позиции зависит и от высоты Солнца над горизонтом. Точная величина экспозиции устанавливается опытным путем. Часовой механизм для фотографирования Солнца не нужен.

§ 25. НАБЛЮДЕНИЯ ПЛАНЕТ

Наблюдения видимого перемещения планет

Наблюдение перемещения планет на фоне звездного неба и зарисовку петель, описываемых планетами вблизи противостояний, можно рекомендовать как одну из форм несложных наблюдений в астрономическом кружке. В таблице приведены благоприятные периоды вечерних наблюдений Марса и Юпитера. Наблюдения целесообразно выполнять один раз в 5—7 дней.

Год	Период наблюдений	
	Марс	Юпитер
1965	15 января—15 июня	1 января—15 февраля 1 сентября—31 декабря
1966	—	1 января—15 марта 1 октября—31 декабря
1967	1 марта—1 августа	1 января—1 мая 1 ноября—31 декабря
1968	—	1 января—1 июня 1 декабря—31 декабря
1969	15 апреля—15 сентября	1 января—1 июня
1970	—	1 января—15 августа

Для более точного нанесения видимого положения планеты на звездную карту (на которую предварительно нанесены звезды не слабее 3-й звездной величины) М. М. Дагаев рекомендует изготовить прямоугольную рамку (внутренние размеры 21×14 см при охвате участка неба $30^\circ \times 20^\circ$)¹. К деревянным планкам рамки крепятся белые нитки на расстоянии 3,5 см друг от друга. Оцифровку нитей в градусах можно нанести на планки, учитывая, что при расположении рамки на расстоянии 40 см от глаза нитяные квадраты будут как раз ограничивать на небе площадки размером $5^\circ \times 5^\circ$. При наблюдениях надо руководствоваться следующими правилами.:

1. Держать сетку на одном и том же расстоянии от глаза. (Для контроля можно прикрепить к боковым планкам шнурок и накидывать его во время наблюдений на шею: в натянутом положении шнурок поможет фиксировать рамку на определенном расстоянии от глаза.)

¹ М. М. Дагаев, Школьные наблюдения движения планет, ШАК, 1962.

2. Наблюдать положение нитей всегда одним и тем же глазом (во избежание параллактического смещения сетки на фоне звездного неба).

3. Выбирать на карте и на небе одну и ту же пару опорных звезд, на которые всегда наводятся определенные нити сетки.

4. Отмечать положение планеты относительно нитей.

5. Фиксировать отмеченное положение планеты на карте, каждый раз указывая дату наблюдения.

Для ознакомления всех учащихся класса с результатами этих наблюдений можно изготовить и поместить в застекленной витрине в школьном вестибюле специальную звездную карту, нарисованную эмалевой краской на листе жести. На синем (или голубом) фоне звезды рисуют белой краской, а планеты изображают в виде маленьких намагниченных шайб, которые можно укреплять в любом месте карты. Если такая карта является частью настенного школьного календаря, то полезно, кроме перемещений планет, фиксировать на ней положения Солнца и Луны (в разных фазах), используя имеющиеся в «Школьном астрономическом календаре» их экваториальные координаты.

Наблюдения планет в телескоп

В школе придется ограничиться лишь визуальными наблюдениями планет, поскольку фотографирование планет с телескопом, диаметр объектива которого менее $4''$, не представляет интереса. Достаточно ограничиться показом в телескоп вида Венеры, Марса, Юпитера и Сатурна.

При наблюдении Венеры учащиеся убеждаются в наличии фаз этой планеты. При наблюдениях Марса следует обратить внимание в основном на окраску диска планеты. Если позволят условия, то желательно показать полярные шапки планеты, которые можно рассмотреть, имея телескоп $3-4''$ и производя наблюдения вблизи противостояния.

Юпитер наиболее доступен наблюдению в школьный телескоп. Заметны сжатие планеты и некоторые образования на ее диске, например экваториальные полосы. Вращение планеты может быть обнаружено из сравнения двух ее последовательных зарисовок, разделенных промежутком времени около 2 ч. Следует показать яркие (галилеевы) спутники Юпитера, сведения с видимости которых имеются в «Астрономическом календаре ВАГО».

Нужно показать кольца Сатурна, которые при наблюдении в школьный телескоп почти всегда сливаются в одно.

На занятиях кружка возможны простейшие зарисовки планет в телескоп:

В е н е р а. На заранее приготовленный диск (диаметром 50 мм) наносится терминатор планеты (граница освещенной и неосвещенной частей планеты). Важно правильно передать фазу и удлинение

рогов серпа, отметить условия видимости рогов (например, размытость одного из них), обратить внимание на иногда видимые на терминаторе у рогов зазубрины, а также выступы, темные «заливы», закругления терминатора. В малые телескопы (до 6 дюймов), как правило, не удастся рассмотреть никаких деталей на диске планеты.

М а р с, как и Венеру, следует зарисовывать на заранее приготовленном диске. Удачные условия видимости в отдельных случаях позволят зарисовать очертания полярных шапок Марса (северной, южной или обеих сразу в зависимости от расположения Марса относительно Земли и марсианского времени года). «Моря», «материки», а тем более «каналы» Марса в 5—6-дюймовые телескопы не всегда удастся рассмотреть даже опытным наблюдателям.

Ю п и т е р. Для зарисовки Юпитера, имеющего заметное сжатие, надо вычертить овальный диск. Целесообразно заготовить картонный шаблон, который потом можно обводить карандашом. Шаблон следует сделать меньше нужного размера на 1—1,5 мм. При наблюдениях надо зарисовывать темные полосы («*N* и *S* — тропические» и «*N* и *S* — умеренные»), а также светлые пространства между ними («зоны»). Удобнее сначала наносить внешние, а затем внутренние контуры самых широких (тропических) полос. При благоприятных условиях наблюдения даже в 3—4-дюймовый телескоп удастся рассмотреть некоторые детали на диске планеты, например «красное пятно», цвет, интенсивность и очертания которого меняются из года в год. Для определения периода вращения «Красного Пятна» можно отмечать моменты прохождения его через центральный меридиан планеты, который следует совместить с вертикальной нитью, укрепленной в поле зрения окуляра телескопа.

В школьный телескоп можно наблюдать затмения спутников Юпитера. Данные о явлениях в системе спутников Юпитера содержатся в «Астрономическом календаре ВАГО». При наблюдениях затмений отмечаются моменты полного исчезновения и первого появления спутников, а затем эти моменты сравниваются с моментами, указанными в календаре. Поправка часов, используемых при наблюдениях, должна быть известна с точностью до 1—2 сек.

С а т у р н. При благоприятных условиях видимости и некоторой практике телескопических наблюдений кольца Сатурна удастся рассмотреть так называемую щель («деление») Кассини и даже обнаружить некоторые неправильности кольца (сужения, расширения). Интересно наблюдение «исчезновения» кольца Сатурна. Детали на диске планеты значительно слабее, чем на Юпитере, и, как правило, становятся доступны наблюдениям лишь в 4—5-дюймовый телескоп. Не следует принимать за полосу иногда видимую в школьный телескоп тень от кольца на диске Сатурна.

§ 26. НАБЛЮДЕНИЯ МЕТЕОРОВ

В школе (преимущественно на занятиях кружка) можно организовать наблюдения больших метеорных потоков (Персеид, Лирид, Драконид, Геминид и др.). Время наблюдения потоков и название яркой звезды, находящейся вблизи радианта, указаны в «Школьном астрономическом календаре». Методика наблюдения, разработанная рядом авторов (В. В. Федынский, Б. Ю. Левин, И. С. Астапович, И. Г. Зоткин, В. В. Мартыненко и др.), сводится в основном к следующему.

Простой счет метеоров состоит в регистрации общего числа метеоров, наблюдаемых в области неба, ограниченной круглой рамкой (диаметром 1 м). Рамка устанавливается от наблюдателя на таком расстоянии, чтобы она ограничивала область неба поперечником 50—60°. За время наблюдения (около 1 ч для слабых потоков и 10—15 мин для обильных потоков) появление и погасание каждого метеора обозначается в журнале соответственно значками (+) и (—) и отмечается по часам, поправка которых должна быть известна с точностью до 1 мин.

К в а л и ф и ц и р о в а н н ы й счет метеоров более сложен: он состоит из определения некоторых физических характеристик метеоров (блеск, цвет и др.). Готовиться к этой работе надо как во время простого подсчета метеоров, так и на учебных занятиях под куполом планетария.

На карту метеоры наносят для определения радиантов потока, это является необходимым этапом в подготовке к научно-любительским наблюдениям. Можно использовать копии карт, имеющих в «Звездном атласе» А. А. Михайлова, а также в приложениях к «Справочнику любителя астрономии» П. Г. Куликовского. При наблюдениях на карту, наколотую на лист фанеры, целесообразно нанести несколько метеоров (возможно более тщательно). Заметив метеор, нужно, глядя на небо, запомнить, около каких звезд он вспыхнул и погас, вдоль какой линии он летел. При этом можно воспользоваться линейкой, которую следует расположить на вытянутой руке параллельно метеору. Затем метеор в виде стрелки, характеризующей направление и продолжительность полета, нанести на карту. Рядом со стрелкой ставится номер метеора, а в журнал записываются сведения о нем (время наблюдения, звездная величина, цвет и др.).

Особый интерес представляет наблюдение и регистрация метеоров, оставляющих светящиеся следы, а также очень ярких метеоров — болидов, появляющихся совершенно неожиданно. При наблюдении болидов необходимо отметить момент времени наблюдения, обозначить на карте траекторию его полета, приблизительно определить высоту и азимут начала и конца полета болида. Кроме того, очень важно указать блеск болида в сравнении с каким-либо светилом (например, Венерой или Луной), зарисовать болид, описать

звуковые явления, сопровождающие его. Иногда болид предшествует выпадению метеорита. Сведения о наблюдаемых болидах необходимо направлять в Комитет по метеоритам АН СССР (Москва, В-313, ул. Марии Ульяновой, дом 3, корпус 1).

Фотографировать метеоры рекомендуется светосильными камерами с относительным отверстием $1:2$; $1:3,5$, применяя наиболее чувствительные фотопленки (180—350 ед.ГОСТ). Более удобны объективы широкоугольных камер с полем зрения $30^\circ \times 30^\circ$ и фокусным расстоянием 10—15 см. Любители астрономии используют для фотографирования метеоров аэрофотокамеры с объективами «Ксенон», «Аэро-Эктар», «Уран-9», фотокамеры типа «Любитель» и др. Можно использовать камеры типа «Турист», «Москва», «Фотокор».

Для фотографирования метеоров одну или несколько камер («метеорный патруль») устанавливают неподвижно. Объектив остается открытым в течение 20—30 мин. На негативе каждая звезда вследствие суточного вращения небесной сферы оставляет след в виде отрезка дуги, а метеор — в виде отрезка прямой, пересекающей эти дуги. Наиболее интересны базисные фотографии метеоров, одновременно полученные отдельными камерами (или патрулями) из различных пунктов, находящихся на расстоянии 15—25 км друг от друга. Такие фотографии можно получить, например, при координированной работе членов астрономических кружков разных школ.

Подробное описание методики визуальных и фотографических наблюдений метеоров есть в «Справочнике любителя астрономии» П. Г. Куликовского, в книге «Что и как наблюдать на небе» В. П. Цесевича и других руководствах по проведению астрономических наблюдений.

§ 27. НАБЛЮДЕНИЕ ИСКУССТВЕННЫХ СПУТНИКОВ ЗЕМЛИ

Один из новых видов внеклассной работы по астрономии — наблюдения ИСЗ. Эти наблюдения являются своеобразным активным методом изучения звездного неба, они позволяют учащимся самостоятельно определять высоту ИСЗ, период обращения вокруг Земли, а также рассчитать, когда и где можно увидеть данный спутник в следующий раз.

Если известно время прохождения спутника, то наблюдение можно начать за 5—10 мин до ожидаемого момента. В противном случае осмотр неба на высоте 20 — 30° нужно начинать примерно через полчаса после захода Солнца, закрепив за учащимися определенные секторы неба. Яркий спутник легко отличается от звезд своим перемещением: двигаясь со скоростью 1 — $1,5$ в сек, он пересекает небосвод за 2—3 мин. Важно определить направление движения спутника и, мысленно продолжив его путь по небу,

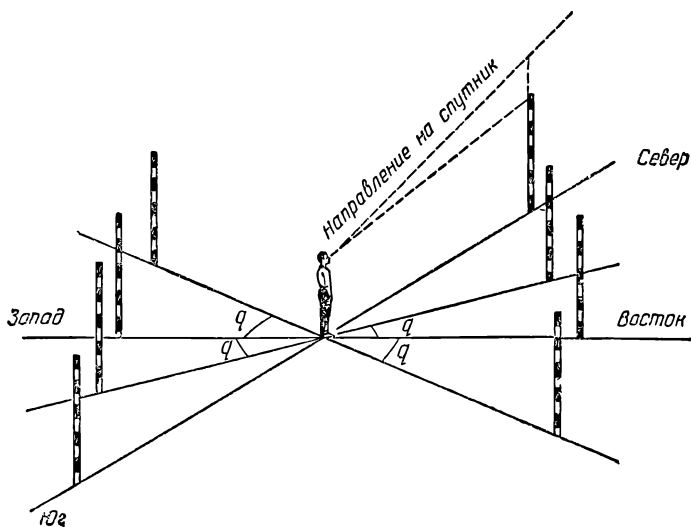


Рис. 60. Наблюдение ИСЗ с помощью реек.

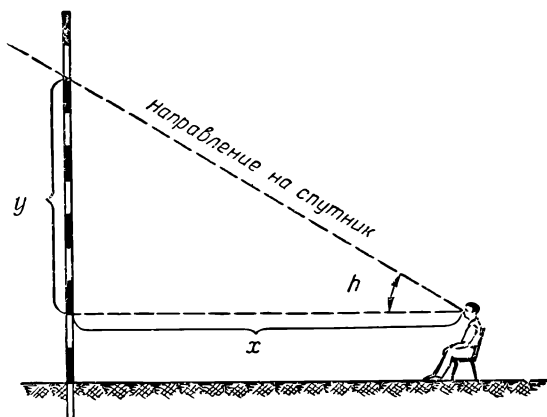
определить, вблизи каких ярких звезд он пройдет. Когда спутник подойдет к выбранной звезде (или паре звезд), включают секундомер. Отметив возможно более точно на звездной карте положение спутника, можно определить его экваториальные координаты α и δ . Чтобы снять показания секундомера, необходимо иметь часы, поправка которых известна с точностью до секунды, и в определенный момент, например 20 ч 00 мин 00 сек, остановить секундомер. Вычитая из показания часов показания секундомера, находят точное время момента наблюдения. Полученные данные следует сообщить в ближайшую станцию визуальных наблюдений ИСЗ. С этих же станций можно получать сведения об ожидаемых прохождениях ИСЗ.

Для определения расстояния спутника от места наблюдения, а также его высоты используют рейки (рис. 60). Четыре основные рейки устанавливают в направлениях север — юг и восток — запад. Четыре вспомогательные рейки — на линиях, образующих углы q с направлением запад — восток (или $90^\circ - q$) с полуденной линией. Угол q можно определить из формулы¹:

$$\sin q = \frac{\cos i}{\cos \varphi},$$

¹ Элементарный вывод формул, приводимых в этом параграфе, и более подробное описание методики наблюдений имеются в книгах: С. А. Каплан, Как увидеть, услышать и сфотографировать искусственный спутник Земли, Физматгиз, 1958; И. С. Астапович и С. А. Каплан, Визуальные наблюдения ИСЗ, Гостехиздат, 1957, и др.

Рис. 61. Простой способ определения угловой высоты ИСЗ.



где i — наклонение плоскости орбиты спутника к плоскости земного экватора; φ — географическая широта места наблюдения. При достаточно высоких рейках удается заметить, когда спутник заходит за шест. Включив секундомер при прохождении одной рейки (например, западной) и остановив его при прохождении другой рейки (например, северной), определяют промежуток времени t , в течение которого спутник прошел между двумя выделенными направлениями. Тогда расстояние до проекции спутника на земную поверхность вычисляется по формуле:

$$r = \frac{40038t}{P} \cos q \sin q \text{ (км)},$$

где P — период обращения спутника в минутах. Величину q считаем известной, поскольку известны i и φ . Величина периода объявляется при запуске спутника, но с течением времени период изменяется. Поэтому если удастся два дня подряд пронаблюдать один и тот же спутник, то легко найти время его «запаздывания» $+t_0$ или «опережения» $-t_0$:

$$\pm t_0 = n_0 P - 1440 \text{ (мин)},$$

где n_0 — число полных оборотов, сделанных спутником за время $n_0 P$. Если $n_0 P = 1440$, то спутник завтра будет наблюдаться в тот же час и в ту же минуту, что и сегодня. Следовательно,

$$P = \frac{\pm t_0 + 1440}{n_0}$$

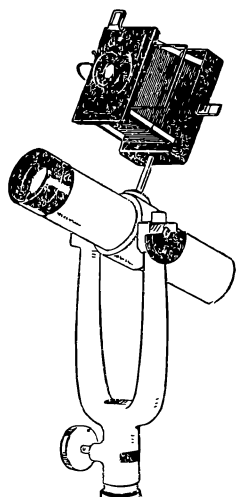


Рис. 62. Установка камеры на трубке АТ-1 для фотонаблюдений ИСЗ.

(n_0 выбирается так, чтобы вычисленные значения P были не больше объявленных при запуске, но и не слишком малы).

Зная угловую высоту спутника h , которая может быть измерена угломерным инструментом или оценена методом, показанным на рисунке 61, определяя линейную высоту H над поверхностью Земли в километрах. Допустим, удалось определить t_q — интервал времени (в минутах) пролета спутника между рейкой, установленной «под углом q », и рейкой на полуденной линии. Тогда

$$H = \frac{40038t_q \sin q}{P \cos^2 q} \operatorname{tg} h, \quad \text{где } \operatorname{tg} h = \frac{y}{x} \quad (\text{рис. 61}).$$

Если учитель пожелает сделать наблюдения ИСЗ основной темой работы школьного астрономического кружка («Школьная станция наблюдений ИСЗ»), то при наличии определенного оборудования (например, специальные трубки АТ-1) можно организовать простейшие фотографические наблюдения (рис. 62), записать радиосигналы ИСЗ на магнитную ленту и т. д.

§ 28. НАБЛЮДЕНИЯ ПО ТЕМАМ ЗВЕЗДНОЙ АСТРОНОМИИ

Телескопические наблюдения звезд

а) Сравнение вида звезд и планет (при наибольшем увеличении позволяет обнаружить, что звезды видны в телескоп (и не только в школьный!) в виде точек.

б) Телескопические наблюдения позволяют более четко выявить цветность звезд.

в) Телескопические наблюдения Млечного Пути раскрывают его природу. Млечный Путь особенно беден звездами в направлении созвездий Возничего, Персея и Кассиопеи, наиболее богат в направлении созвездий Стрельца и Скорпиона.

г) В школьный телескоп доступно наблюдение двойных звезд, из которых наиболее интересные приведены в таблице.

№ п/п	Обозначение звезд	Видимые звездные величины компонентов	Угловые расстояния между компонентами (в сек дуги)	Цвет компонентов
1	γ Андромеды	2,3 и 5,4	10	Оранжевая и голубая
2	β Лебеда	3,2 и 5,4	35	Желтая и голубая
3	α Геркулеса	3,5 и 5,5	5	Желтая и голубая

Зная угловое расстояние между компонентами двойных звезд, можно примерно определить разрешающую силу биноклей или телескопов, применяемых для наблюдений.

д) Телескопические наблюдения позволяют познакомить учащихся с некоторыми кратными звездными системами, например ζ и g Б. Медведицы, ε Лиры, θ Ориона.

Ознакомление с переменными звездами

Важно, чтобы учащиеся во время самостоятельных наблюдений (без оптических инструментов) сами убедились, что существуют такие звезды, блеск которых меняется. Не обязательно знакомить с оценками блеска в степенях, достаточно лишь указать звезды сравнения, которые удобны для восприятия разницы в блеске переменной и звезды сравнения. Так, при наблюдениях β Персея (видимая звездная величина в максимуме $2^m, 2$, в минимуме $3^m, 5$; период изменения блеска $2^a 20^d 48^m$) в качестве звезд сравнения можно использовать звезды α Персея ($1^m, 9$) и α Андромеды ($2^m, 2$). При наблюдениях δ Цефея (видимая звездная величина в максимуме $3^m, 7$, в минимуме $4^m, 1$; период изменения блеска $5^d 8^h 48^m$) можно использовать в качестве звезд сравнения, например, η Цефея ($3^m, 6$) и ε Цефея ($5^m, 2$). Чтобы сократить время на выполнение этих наблюдений, следует воспользоваться «Школьным астрономическим календарем», в котором приводятся приближенные моменты максимумов и минимумов некоторых наиболее ярких переменных звезд. Пользуясь этими сведениями, можно выбрать наиболее удачное время для наблюдения этих звезд. Например, интересно показать учащимся β Персея вне затмения (максимум) и во время затмения.

Наблюдения звездных скоплений и туманностей

Для ознакомления с общим видом этих объектов рекомендуется показать в телескоп с наиболее длиннофокусным окуляром рассеянные звездные скопления Плеяды (в созвездии Тельца), Ясли (в созвездии Рака), звездные скопления χ и h Персея, являющиеся ядрами O -ассоциаций, диффузную туманность в созвездии Ориона и планетарную туманность в созвездии Лиры.

Наблюдение галактик

В виде слабых размытых пятен в школьный телескоп в безлунный вечер удастся рассмотреть галактику в созвездии Андромеды (M 31) и галактику в созвездии Треугольника (M 33). Галактика в Андромеде является самым удаленным объектом, видимым невооруженным глазом. Как и при наблюдении звездных скоплений и туманностей, галактики, являющиеся слабосветящимися протяженными объектами, следует наблюдать при наименьшем увеличении.

§ 29. ТЕМАТИКА И ПЛАНИРОВАНИЕ ГРУППОВЫХ НАБЛЮДЕНИЙ И ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

Наблюдения и практические работы, проводимые при изучении курса астрономии, делятся на групповые (занятия всего класса под руководством учителя) и индивидуальные (домашние самостоятельные наблюдения учащихся по заданиям учителя).

В соответствии с программой по астрономии целесообразно провести следующий минимум групповых занятий:

1. Ориентировка по звездному небу.
2. Приближенное определение координат небесных светил и географической широты.

3. Наблюдения Луны и планет в телескоп.

4. Наблюдения Солнца в телескоп.

Наиболее желательны темы индивидуальных наблюдений и практических работ:

1. Нахождение на небе созвездий в различное время года.

2. Наблюдение за изменением фаз Луны.

3. Определение полуденной линии по гномону.

4. Обнаружение изменения блеска β Персея и δ Цефея.

Планируя наблюдения, необходимо учитывать климатические условия данной местности, доступность наблюдения объекта и календарные сроки изучения учебного материала.

В средней полосе СССР ясная погода обычно бывает в начале учебного года (осенью); зимой (в декабре и январе) бывают прояснения при сильных морозах; устойчивый сезон ясных вечеров наступает весной (март, апрель, май). Первое общее занятие можно провести в любой безлунный вечер в сентябре, когда изучается «Введение в астрономию»; второе — желательно в декабре, при изучении «Основных практических применений астрономии и методов изучения светил».

Раздел «Физическая природа тел Солнечной системы» приходится в основном на начало второго учебного полугодия. Поскольку вероятность проведения наблюдений в феврале мала, их приходится переносить на весенние месяцы. Чтобы не изучать природу Луны, планет, Солнца до наблюдений их в телескоп, можно, например, провести соответствующие наблюдения заранее (осенью). В этом случае, естественно, может измениться последовательность проведения групповых наблюдений.

Благоприятные периоды для наблюдения Луны и планет указаны в «Школьном астрономическом календаре». Двойные звезды, звездные системы и туманности можно показывать в телескоп в зависимости от их видимости на различных вечерних занятиях. Например, галактику в Андромеде и двойную γ Андромеды целесообразно показать в телескоп во время осеннего занятия, туманность в Орионе—

зимой, Плеяды также наблюдаются в осенне-зимний период и т. д. Все эти объекты могут быть сперва показаны как «достопримечательности» тех или иных созвездий, а подробности их физической природы будут рассмотрены на соответствующих уроках.

§ 30. СОДЕРЖАНИЕ ГРУППОВЫХ НАБЛЮДЕНИЙ И ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

З а н я т и е № 1. Ориентировка по звездному небу

Программа занятия

1. Изучение звездного неба и определение сторон света по Полярной звезде.
2. Измерение угловых расстояний между звездами.
3. Определение направления полуденной линии по Полярной звезде.
4. Наблюдения с оптическими инструментами.

Приборы и пособия: подвижная карта звездного неба, угломерная линейка, фонарик (иметь для каждого звена), из двух-трех человек), рейки длиной 2 — 2,5 м (не менее 8—10 на класс), оптические инструменты: телескоп, теодолиты, бинокль на штативе (не менее 3 на класс).

1. Учитель в известном порядке (стр. 81—82) показывает учащимся околополюсные созвездия и основные созвездия осеннего неба, а также расположение зенита, полюса мира, небесного экватора и точек горизонта (*N, E, S, W*). Линии и точки небесной сферы особенно просто показать, если на школьной площадке имеется большая модель небесной сферы.

2. Угломерными линейками учащиеся измеряют угловые расстояния между какими-либо звездами, например в созвездии Большой Медведицы. Полезно иметь в виду, что расстояние между звездами α и β Большой Медведицы равно 5° . Такое же расстояние между звездами α и β Кассиопеи; от Веги до Денеба около 25° ; диагональ Пегаса — около 20° .

3. Направление полуденной линии учащиеся определяют с помощью двух реек. Их устанавливают вертикально и располагают так, чтобы Полярная оказалась в направлении, проходящем через них (рис. 63). Отрезок прямой, соединяющий основания реек, укажет направление полуденной линии.

4. а) Обнаружение суточного вращения небосвода. Работая с рейками, учащиеся убедились в видимом перемещении звезд. Еще эффектнее весьма простые наблюдения с оптическими инструментами. Достаточно навести школьный телескоп или теодолит на яркую звезду, чтобы показать учащимся быстрое перемещение светила в поле зрения неподвижного инструмента. При наб-



Рис. 63. К определению направления полуденной линии по Полярной звезде.

людени удобно использовать инструмент с экваториальной установкой.

б) Наблюдение в телескоп Млечного Пути, галактики в Андромеде, двойной звезды γ Андромеды или β Лебеда.

Занятие № 2. Приближенное определение координат небесных светил и географической широты

Программа занятия

1. Изучение звездного неба.
2. Измерение горизонтальных координат звезды.
3. Определение географической широты по Полярной звезде.
4. Телескопические наблюдения.

Приборы и пособия (по возможности для каждого звена из 2—3 человек): школьный теодолит, подвижная карта звездного неба, часы, идущие по декретному времени, фонарик.

Предварительная подготовка к занятию предусматривает выбор места для установки трубы теодолита в меридиане и тщательную проверку часов по сигналам точного времени.

Последующая обработка результатов включает некоторые простые вычисления по известным учащимся формулам и сравнение полученных результатов со справочными данными.

1. Занятие начинают с проверки знания учащимися ранее изученных созвездий и показа 3—4 новых созвездий зимнего неба.

2. Затем учащиеся наводят трубы теодолитов на земной предмет, азимут которого известен, и располагают инструменты так, чтобы указатели горизонтальных кругов показывали отсчет данного азимута. Далее находят отсчет, соответствующий точке юга, и устанавливают трубу теодолита в меридиане. После этого наводят трубу на данную звезду, закрепляют стопорные винты и записывают отсчеты кругов (h и A).

Чтобы при измерении высоты звезды исключить неточность совпадения начала отсчета на вертикальном круге с горизонтальным направлением, выполняют измерения высоты дважды, т. е. первый раз при круге, расположенном вправо от середины инструмента (h_1 — «круг право»), второй раз — влево (h_2 — «круг лево»). Для этого поворачивают трубу вокруг вертикальной оси на 180° и переводят трубу через зенит. Окончательный результат измерения высоты получают как среднее от двух измерений: $h = \frac{h_1 + h_2}{2}$. Чтобы

измерить азимут звезды, нужно сделать отсчет на горизонтальном круге и вычесть из него отсчет точки юга (стр. 64).

Ф о р м а з а п и с и

а) Звезда.....

б) Момент наблюдения (по декретному времени) $T_d = \dots$.

в) Высота звезды $h_1 = \dots$, $h_2 = \dots$, $h = \dots$.

г) Зенитное расстояние звезды $z = 90^\circ - h = \dots$.

д) Азимут звезды $A = \dots$.

3. По возможности более точно наводят трубу школьного теодолита (установка азимутальная!) на Полярную звезду и описанным выше способом измеряют ее высоту.

Ф о р м а з а п и с и

а) Момент времени наблюдения (по декретному времени) $T_d = \dots$.

б) Высота Полярной звезды $h_1 = \dots$, $h_2 = \dots$, $h = \dots$.

в) Приближенное значение географической широты $\varphi \approx \dots$.

4. В заключение занятия можно показать в телескоп туманность в Орионе, кратную звездную систему Θ Ориона, а также планеты, доступные наблюдениям в данный вечер.

Занятие № 3. Наблюдение Луны и планет в телескоп

Приборы и пособия: телескоп, учебник астрономии (карта Луны, рис. 68 учебника), подвижные карты звездного неба, «Школьный астрономический календарь».

В соответствии с условиями видимости учащиеся наблюдают основные детали лунного рельефа и знакомятся с видом планет в телескоп (см. стр. 90—91).

Наблюдениям планет в телескоп рекомендуется уделять внимание и на других вечерних занятиях. Поскольку занятия отделены друг от друга значительными промежутками времени, учащиеся сумеют увидеть в телескоп разные планеты.

Занятие № 4. Наблюдение Солнца в телескоп

В отличие от вечерних наблюдений и практических работ наблюдения Солнца не требуют значительной затраты времени и могут быть проведены сразу же после окончания уроков первой смены или даже во время большой перемены. Необходимые сведения о подготовке и проведении визуальных наблюдений Солнца имеются на страницах 87—88. При групповом занятии все ученики, разумеется, не смогут сделать зарисовки. Эту работу можно будет поручить лишь отдельным учащимся, овладевшим техникой обращения с телескопом и знакомым со спецификой солнечных наблюдений. Остальным достаточно посмотреть на изображение Солнца, обратив внимание на детали, видимые на диске. Проведение одного такого наблюдения совершенно обязательно, но не достаточно, поскольку оно не позволяет продемонстрировать изменение фотосферных образований, а это не менее важно, чем убедиться в наличии пятен и факелов на Солнце. Поэтому учитель должен поставить перед собой задачу хотя бы дважды показать одним и тем же учащимся Солнце в телескоп. Во время первого нужно сосредоточить внимание учащихся на общем виде Солнца (резкий край; потемнение к краю; наличие пятен, факелов, их количество и расположение на диске). Во время второго занятия, которое желательно провести через 5—8 дней, следует прежде всего отметить изменения, происшедшие на Солнце за эти дни, а затем внимательно рассмотреть структуру пятен (особенно, если наблюдаются интересные группы пятен).

§ 31. ОРГАНИЗАЦИЯ ГРУППОВЫХ НАБЛЮДЕНИЙ И ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

Отметим наиболее важные моменты в организации, подготовке и проведении наблюдений во внеурочное время.

1. Нужно, чтобы все учащиеся были заранее ознакомлены с программой наблюдений и используемыми инструментами и пособиями. Готовя учащихся к наблюдениям, необходимо предваритель-

но показать и инструменты, и приемы наблюдений с ними. Не ограничиваясь показом приборов, следует днем научить учащихся наводить телескоп на отдаленный предмет, фокусировать его, определять место нуля школьного теодолита и т. д.

2. В тетрадях учащиеся записывают тему наблюдения, дату, время и в случае необходимости делают записи и рисунки.

3. Если при школе есть астрономическая площадка или вышка, вопрос о выборе места для наблюдений отпадает. Если площадки нет, то нужно поблизости от школы выбрать открытую площадку, с которой возможен обзор южной и околополярной части неба.

4. Организация самих учащихся заслуживает особого внимания. Большие классы в некоторых случаях приходится делить на две подгруппы и назначать им разное время прихода к месту наблюдения. Кроме того, для выполнения практических работ класс разбивается на рабочие звенья, по 2—3 человека в каждом. Желательно, чтобы звенья были примерно одинаковыми по своей работоспособности — сильных учащихся класса нужно распределить так по всем звеньям, чтобы они могли руководить наблюдениями. Члены астрономического кружка окажут существенную помощь учителю в подготовке и проведении наблюдений. При отсутствии кружка имеет смысл к очередному наблюдению специально подготовить двух-трех ассистентов из учащихся данного класса.

Нужно заранее учесть, что не все задания занятия, связанного с использованием оптических инструментов, могут (из-за недостатка инструментов) выполняться всеми учащимися одновременно. Поэтому при разработке программ наблюдений и практических занятий следует наметить задания для учащихся, не занятых главной темой.

Глава IV.

• ВВЕДЕНИЕ В АСТРОНОМИЮ

«Введение» в курс астрономии знакомит учащихся с предметом астрономии и дает основные сведения, необходимые для проведения самостоятельных наблюдений. Уроки этой темы могут быть следующими:

1. Предмет астрономии.
2. Небесная сфера и ее значение для практики.
3. Небесная сфера и Земля.

После первых двух уроков учащиеся по заданию учителя знакомятся с небом самостоятельно, а после третьего урока желательно провести первое групповое занятие «Ориентировка по звездному небу».

Урок 1

Тема: Предмет астрономии

Цель урока: в интересной и увлекательной форме рассказать учащимся о том, что им предстоит изучать в курсе астрономии.

Наглядные пособия: демонстрационная подвижная карта звездного неба, ученическая подвижная карта звездного неба, компас или демонстрационная магнитная стрелка, схема для нахождения основных созвездий осеннего неба, учебный кинофильм «Планетная система» (фрагмент 2), «Школьный астрономический календарь», диапозитивы (ближайшие к Солнцу планеты, сравнительная величина Солнца и планет, два движения Земли, Солнце по сравнению с другими звездами, Млечный Путь, Галактика), диафильм «Звездное небо».

План урока:

1. Что изучает астрономия?
2. Значение современной астрономии и взаимосвязь ее с другими науками.
3. Как приступить к изучению звездного неба.

Предварительные замечания. Наибольший эффект будет достигнут, если удастся провести первый урок астрономии вечером на астрономической площадке под звездным небом. К сожалению, пло-

хая погода часто препятствует этому. Превосходным пособием для проведения первого урока является планетарий, искусственное небо которого также неизменно вызывает интерес учащихся. Урок, проводимый под открытым небом, не нуждается в иных пособиях, кроме подвижной карты и некоторых рисунков и фотографий (вид планет в телескоп, схема строения Галактики). Урок, проводимый в планетарии, может сопровождаться показом кинофильмов, диапозитивов, диафильмов.

На первом уроке следует уделить внимание некоторым организационным вопросам, указав прежде всего, что, кроме учебника и подвижной карты звездного неба, желательно иметь «Школьный астрономический календарь». Записи в классе и домашние задания надо делать в тетради по астрономии. В этой же тетради надо записывать результаты самостоятельных наблюдений, выполнение которых будет особо учитываться при выставлении итоговых отметок по астрономии.

Программа курса астрономии составлена так, что строение Солнечной системы рассматривается лишь во второй половине курса, а строение Галактики и строение Вселенной — в конце изучения астрономии. Чтобы важнейшие мировоззренческие вопросы, касающиеся устройства мира, были достаточно глубоко усвоены учащимися, желательно на первом уроке в общих чертах дать учащимся представление о строении Вселенной, а все последующее изложение курса астрономии построить как доказательство справедливости сформулированных положений.

1. Определив астрономию как науку о движении, природе и развитии небесных тел, разьясняем различие между планетами и звездами. Достаточное представление о планетах дает фрагмент учебного кинофильма «Планетная система», содержащий общие сведения о планетах и Солнце. При отсутствии кинофильма можно воспользоваться диапозитивами.

Показывая диапозитивы, называем планеты в порядке удаления их от Солнца; обращаем внимание на место Земли в Солнечной системе и напоминаем о двух основных движениях Земли — вращении вокруг оси и обращении вокруг Солнца. В отличие от планет, являющихся относительно холодными, несамосветящимися шарами, звезды представляют собой раскаленные плазменные шары, излучающие в пространство свет и тепло. Одной из звезд является наше Солнце (диапозитив).

Демонстрируя вид Млечного Пути (диапозитив), разьясняем его природу и даем представление о Галактике как одной из бесчисленного множества звездных систем бесконечной Вселенной. В общем обзоре строения Вселенной не нужно отвлекать внимание учащихся деталями, с которыми в свое время они обстоятельно познакомятся (фазы Луны, строение комет и т. п.).

2. В настоящее время астрономия служит не только для ориентировки на местности, составления карт и определения времени.

Значение астрономии в современную эпоху обусловлено ее исключительной ролью в формировании научного мировоззрения и плодотворной связью астрономии с такими «земными» науками, как физика, биология, геология, химия и др.

Ярким примером, показывающим значение астрономических исследований для физики, химии и техники, является открытие гелия. Гелий был открыт (1868 г.) на Солнце во время первых спектроскопических исследований протуберанцев. Этим открытием химики долгое время не интересовались, хотя периодический закон Д. И. Менделеева определенно указывал на необходимость поисков новых химических элементов. Реальность существования нового вещества на Солнце казалась весьма сомнительной и далекой от земных интересов. И даже когда почти через тридцать лет (1895 г.) гелий был, наконец, выделен химиками из земных минералов, понадобилось еще около двадцати лет, прежде чем научились получать гелий из природных газов и использовать его на практике. Впоследствии гелий нашел применение в воздухоплавании (как незаменимый наполнитель аэростатов); в электродуговой сварке (как инертный газ, обеспечивающий устойчивое горение дуги); в ракетах и управляемых снарядах (для подачи топлива в камеру сгорания); при быстрой и безопасной сушке легко взрывающихся веществ; в атомной физике (как наполнитель ионизационных камер); в физике низких температур, где только с помощью жидкого гелия можно охладить вещество до температуры, близкой к абсолютному нулю, и в этих условиях исследовать сверхпроводимость, сверхтекучесть; как составная часть смеси газов для дыхания космонавтов и т. д.

В настоящее время трудно охарактеризовать те необозримые перспективы, которые откроются перед человечеством в связи с развитием космических исследований, экспериментов за пределами земной атмосферы, полетами к Луне и планетам Солнечной системы. Важно подчеркнуть, что астрономия, возникшая в глубокой древности из практических потребностей человека, далеко вышла за рамки узкопрактической науки и знание основ астрономии сейчас необходимо всякому культурному человеку.

Данные астрономии являются составной частью естественнонаучного фундамента диалектического материализма. Не зная астрономии, люди нередко оказываются в плену лженаучных представлений о небесных телах и явлениях (затмения, появление комет и др.), с которыми со времен глубокой древности связаны суеверия и предрассудки. Наоборот, нередко верующие становятся атеистами под влиянием поразительных достижений астрономической науки, не оставляющих места слепой вере в бога.

3. Отметив, что основой астрономии являются наблюдения, указываем на необходимость изучения звездного неба. В зависимости от места проведения урока учащимся должны быть показаны на настоящем небе, искусственном небе планетария или, наконец, на демонстрационной карте звездного неба созвездия Большой и Ма-

лой Медведицы, Кассиопеи, Лиры, Лебеда, Орла. Следуя § 2¹, знакомим учащихся с обозначением звезд на звездных картах. Разъясняя смысл термина «звездная величина», демонстрируем рисунок 64, наглядно показывающий, что звездная величина является характеристикой видимого блеска звезд. Список ярких звезд, их обозначения и звездные величины даны в приложениях III и IV к учебнику.

Показывая демонстрационную подвижную карту звездного неба и заранее приготовленную учителем ученическую карту, предлагаем учащимся к следующему уроку смонтировать свои карты (приложение IX к учебнику). Желательно, чтобы учащиеся в присутствии учителя наметили карандашом линию выреза карты. Затем показываем, как устанавливается карта на данный момент времени. Во время наблюдений следует держать карту перед собой так, что если учащийся обращен лицом, например, к южной части неба, то юг на карте должен быть снизу. Расположение стран света в классной комнате можно определить по компасу. Если урок проводится в классе, то основные созвездия, видимые в данный вечер, желательно показать отдельно крупным планом, используя диафильм «Звездное небо».

Взаимное расположение и способы нахождения околополюсных созвездий и основных созвездий осеннего неба можно кратко пояснить по схеме (стр. 82). Учащимся, желающим более обстоятельно изучать звездное небо, познакомиться с интересными объектами созвездий, а также узнать о мифах и легендах, связанных с названиями созвездий, можно рекомендовать следующие книги и пособия: С. И. Селешников, *Азбука звездного неба* (Ленинградское отделение общества «Знание» РСФСР, 1963); З. Н. Шукстова, *Звездное небо* (Свердловское книжное издательство, 1962); А. Д. Могилко, *Учебный звездный атлас*.

Задание на дом: 1) § 1, 2, приложение IX.

2) Пользуясь подвижной картой, самостоятельно научиться находить на осеннем небе созвездия: Большой и Малой Медведицы, Кассиопеи, Лебеда, Лиры и Орла; звезды: Полярную, Денеб, Вега, Альтаир.

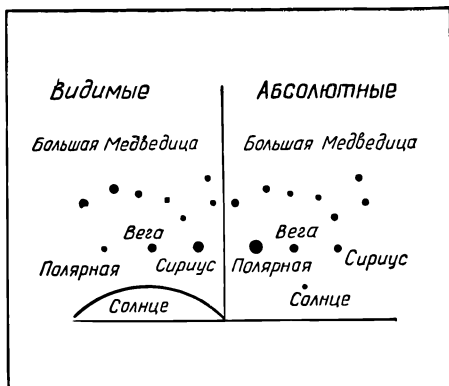


Рис. 64. Видимые и абсолютные звездные величины.

¹ Здесь и в дальнейшем даются ссылки на параграфы учебника Б. А. Воронцова-Вельяминова «Астрономия» («Просвещение», 1965).

3)*¹ Заметить изменения в расположении созвездий относительно горизонта через 2 ч. (Для этого достаточно через 2 ч после первого наблюдения, сопровождаемого зарисовкой ярких звезд, видимых на востоке вблизи горизонта, выполнить второе и результаты сравнить.)

Урок 2

Тема: Небесная сфера и ее значение для практики

Цель урока: обосновать практическую необходимость введения понятия небесной сферы и рассмотреть ее основные линии и точки.

Наглядные пособия: демонстрационная подвижная карта звездного неба, модель небесной сферы, компас, угломерная линейка, фотография околополярной области неба, полученная неподвижным аппаратом, «Учебный звездный атлас», цветные мелки.

План урока:

1. Суточное вращение неба как отражение вращения Земли.
2. Понятие о небесной сфере и измерениях на ней.
3. Основные линии и точки небесной сферы.

1. Если некоторые ученики сумели не только найти указанные в домашнем задании созвездия, но и проследили, как меняется их расположение относительно горизонта, то урок нужно начать с обобщения данных наблюдений. Далее учитель предлагает установить карту на 20 ч предыдущего дня и посмотреть, какие яркие звезды были видны в это время в восточной стороне неба вблизи горизонта. Один из учеников выполняет это задание на демонстрационной подвижной карте. Затем, устанавливая карту на 21, 22 и 23 ч, убеждаемся, что небосвод поворачивается. Хорошей иллюстрацией суточного вращения небосвода является фотография околополярной области неба, полученная неподвижным аппаратом (рис. 12 учебника). Выполнение подобных фотографий доступно учащимся. Наблюдаемое вращение небосвода объясняется действительным вращением земного шара с запада на восток. Демонстрацию суточного вращения небосвода под куполом планетария полезно сочетать с вращением (в обратном направлении) глобуса, изображающего Землю.

2. Понятие о небесной сфере желательно дать после самостоятельного ознакомления учащихся со звездным небом. Весьма наглядным и доходчивым является разъяснение элементов сферической астрономии с аппаратом планетарий. Поэтому использовать планетарий здесь было бы особенно полезно. Вследствие огромной удаленности светила кажутся находящимися от нас на одинаковом расстоянии. Например, свет от звезд ϵ и η Большой Медведицы идет к нам соответственно 49 и 192 года, хотя простое созерцание этих звезд не обнаруживает различия расстояний до них. Формулируем

¹ Звездочкой обозначены задания, необязательные для всех учащихся.

определение небесной сферы как воображаемой шаровой поверхности произвольного радиуса, на которую проектируются светила и в центре которой находится глаз наблюдателя. Основное назначение небесной сферы, раскрываемое в § 4, связано с удобством изучения взаимного расположения светил и выполнения угловых измерений. Используя рисунок 15 учебника, показываем, что небесная сфера действительно может иметь произвольный радиус, величина которого не влияет на результаты угловых измерений. Угловые расстояния между светилами на небесной сфере определяются с помощью угломерных инструментов. На данном уроке можно ограничиться показом угломерной линейки.

Понятие небесной сферы полезно не только для изучения движения небесных светил, но и для описания видимого перемещения искусственных спутников Земли, космических ракет и межпланетных автоматических станций.

3. Разъяснение понятий отвесной линии, зенита и горизонта не вызывает затруднений, поскольку учащиеся научились в курсе физики определять по отвесу направление вертикальной линии, а по уровню находить горизонтальную плоскость. В любом месте Земли можно, пользуясь отвесом, определить направление вертикальной линии. Показываем отвесную линию, зенит, горизонт на модели небесной сферы. Можно отметить, что математический горизонт, образованный пересечением горизонтальной плоскости с небесной сферой, имеет произвольный радиус. Наоборот, видимый горизонт имеет размеры, зависящие от высоты наблюдателя над поверхностью Земли. Например, для стоящего на ровной открытой местности человека ростом 1,7 м дальность видимого горизонта будет около 7 км.

Исходя из факта суточного вращения звездного неба, вводим понятия оси мира, полюсов мира и небесного экватора (§ 5) и показываем их на модели небесной сферы. Наглядна демонстрация точек и линий небесной сферы на искусственном небе планетария.

«Учебный звездный атлас» удобно использовать для показа точного положения Северного и Южного полюсов мира. Учащиеся уже умеют находить на небе Полярную звезду, поэтому сейчас им можно сообщить, что Северный полюс мира располагается на линии «Полярная — η» Большой Медведицы («Бенетнаш») на расстоянии около одного градуса от Полярной. Затем на модели небесной сферы показываем Северный полюс мира и небесный экватор. Вращая модель, убеждаемся, что светила в своем суточном движении описывают круги, параллельные небесному экватору (суточные параллели). На подвижной звездной карте находим яркие звезды, расположенные вблизи экватора: δ Ориона, θ и η Орла и др. Поскольку суточные параллели этих звезд близки к небесному экватору, данные звезды могут служить «указателями» положения небесного экватора на звездном небе.

Понятия о плоскости небесного меридиана и полуденной линии

вводим из рассмотрения модели небесной сферы, попутно отмечая, что направление полуденной линии можно определить из наблюдений Солнца и звезд. Приближенное определение направления полуденной линии в классе можно выполнить по компасу. Показываем на модели четыре основные точки горизонта: север, юг, восток и запад. «Небесным меридианом» на подвижной карте служит нить, соединяющая точки севера и юга на накладном круге. Такую нить учащимся следует приспособить и к своим картам. Желательно, чтобы учащиеся умели не только показывать линии и точки небесной сферы на модели и карте, но и, находясь в классе, могли бы примерно указать расположение основных элементов небесной сферы. Для обучения этому иногда применяют световую указку, позволяющую показать на «небосводе» классной комнаты линии «небесного экватора», «меридиана» и т. д. При этом модель небесной сферы устанавливаем на столе так, чтобы ее ось вращения была параллельна направлению оси мира, которое было найдено в классе (с учетом географической широты места), и еще раз повторяем линии и точки небесной сферы.

В процессе объяснения материала урока выполняем на доске цветными мелками чертеж небесной сферы (рис. 13 учебника). Восприятие чертежа облегчается, если, осветив модель небесной сферы проекционным фонарем, спроецировать ее на экран (или на стену).

Задание на дом: 1) § 3—5 (1—5).

2) Узнать, пользуясь подвижной картой, как на протяжении ближайших двух месяцев изменятся условия видимости звезд: Вега, Денеб, Альтаир.

Урок 3

Урок целесообразно начать с проверки усвоения пройденного материала. Одному ученику можно предложить сделать чертеж небесной сферы с основными линиями и точками на ней; второму — показать основные линии и точки небесной сферы на модели. Пока они готовятся к ответу, учитель может предложить классу вопросы:

1. Какие созвездия можно наблюдать сегодня в 22 ч?
2. Когда удобнее наблюдать созвездие Лебеда — в сентябре или декабре?
3. Как называются яркие звезды созвездий Лебеда, Лиры, Орла?
4. Какая из звезд ярче (и во сколько раз) — звезда пятой или седьмой звездной величины?

Аналогичные вопросы можно задать в качестве дополнительных учащимся, вызванным к доске.

Тема урока: Небесная сфера и Земля

Цель урока: объяснить связь между линиями небесной сферы и Земли и дать предварительное понятие о видимом движении светил.

Наглядные пособия: прибор для демонстрации связи небесной сферы и Земли, демонстрационная подвижная карта звездного неба, модель небесной сферы, переносный гномон, диапозитив, изображающий петлеобразное движение планеты.

П л а н у р о к а:

1. Линии небесной сферы и Земли.
2. Кульминации светил.
3. Ориентировка на местности по Солнцу и звездам.
4. Понятие о видимом перемещении Луны и планет.

1. Усвоение основных понятий предыдущего урока в значительной степени зависит от того, насколько глубоко ученики сумеют представить себе связь между элементами небесной сферы и Земли. Напоминаем, что отвесную линию можно (при известном приближении) представить как продолжение радиуса Земли. Простой поясняющей моделью является географический глобус с радиально воткнутой в него стальной спицей. Очевидно, что спица определяет направление отвесной линии для наблюдателя, находящегося в точке «земной поверхности», в которой спица выходит из глобуса. Если на спицу надеть небольшой картонный круг так, чтобы центр его касался поверхности глобуса в «точке наблюдения», то учащиеся легко представят себе взаимное расположение небесного горизонта и Земли. Как же на этой модели показать ось мира? Вспоминаем, что ось мира есть ось видимого суточного вращения небесной сферы, которое, как мы знаем, объясняется действительным вращением земного шара. Поэтому, естественно, что ось мира параллельна оси Земли. Следовательно, карандаш, установленный параллельно оси глобуса и упирающийся своим основанием в «точку наблюдения», изобразит на модели ось мира. В большинстве случаев этого достаточно, чтобы приступить к построению чертежа (рис. 14 учебника). Но иногда приходится подробно пояснять взаимное расположение плоскостей небесного экватора и горизонта. Для этого к картонному диску, изображающему горизонт, подвижно прикрепляют такого же диаметра проволочный полукруг и во время демонстрации располагают плоскость проволочного полукруга перпендикулярно направлению, указываемому карандашом. Все объяснение облегчается, если воспользоваться прибором для демонстрации связи линий небесной сферы и Земли (стр. 57).

2. На модели небесной сферы или подвижной звездной карте проследим суточное вращение какого-либо светила. Обратив внимание учащихся на то, что любое светило в течение суток дважды пересекает меридиан, вводим, следуя § 6 учебника, понятие кульминации светил. Затем, сравнивая высоты светил, т. е. их угловые расстояния от горизонта, в различное время суток, устанавливаем, что в одной из кульминаций светило имеет наибольшую высоту (верхняя кульминация), а в другой — наименьшую (нижняя кульминация). В зависимости от того, где кульминируют светила по

отношению к горизонту, даем определение незаходящих, невосходящих, восходящих и невосходящих светил. Каждый раз перед введением нового определения соответствующим образом устанавливаем насадку, изображающую на модели небесной сферы светило, и демонстрируем суточное вращение светил указанных типов.

Р е ш а е м з а д а ч у. В котором часу 20 сентября произойдет восход, верхняя кульминация и заход звезды Альтаир? Для решения этой задачи устанавливаем карту так, чтобы Альтаир располагался на линии выреза карты в восточной стороне горизонта. Против даты 20 сентября читаем на накладном круге приближенный момент времени восхода Альтаира. Затем, вращая карту, устанавливаем Альтаир на небесный меридиан (верхняя кульминация) и, наконец, на линию выреза карты в западной стороне горизонта (заход). Каждый раз определяем соответствующий момент времени.

В процессе решения задачи можно отметить, что каждая звезда, например Альтаир, в данной местности всегда кульминирует на одной и той же высоте. Но этот вывод применим не ко всем светилам: например, полуденная высота Солнца на протяжении года меняется.

3. Важным практическим применением астрономии является возможность ориентировки по небесным светилам. Кульминация Солнца легко использовать для целей ориентировки, поскольку в полдень Солнце находится над точкой юга (рис. 16 учебника). В полдень тень от вертикально установленного стержня (гномона) располагается вдоль направления юг — север, т. е. вдоль полуденной линии. Если на астрономической площадке уже определено и зафиксировано направление полуденной линии, то, используя ближайший солнечный день, нужно показать учащимся, как располагается тень от гномона в полдень. Момент наступления истинного полдня учитель заранее вычисляет по формуле:

$$T_d = 12^h + \eta - (\lambda - n) + 1^h,$$

где T_d — декретное время, η — уравнение времени (см. стр. 152), n — номер часового пояса места наблюдения (целое число часов), λ — географическая долгота места наблюдения (в часах).

На уроке ограничиваемся разъяснением метода определения полуденной линии по гномону (§ 7). Некоторым ученикам можно предложить самостоятельно определить этим способом направление полуденной линии во дворе своего дома. На вечернем практическом занятии учащиеся научатся определять направление полуденной линии по Полярной звезде, но уже сейчас им нужно напомнить, как находятся страны света по Полярной звезде (§ 7).

Для внеклассного чтения можно рекомендовать следующие книги: Н. Я. К о н д р а т ь е в, Ориентировка по звездам (Воениздат, 1961); П. И. П о п о в, Общедоступная практическая астрономия (Изд-во техникум-теор.лит., 1959).

4. Работая со звездными картами, учащиеся могли заметить, что на картах не указано местоположение Солнца, Луны и планет.

Это связано с тем, что в отличие от звезд, видимое взаимное расположение которых на протяжении многих лет почти не меняется, Солнце, Луна и планеты непрерывно перемещаются на фоне звездного неба. Так, Луна ежедневно смещается на 13° в сторону, противоположную видимому вращению небесной сферы. Планеты на протяжении года описывают на фоне звезд петли (диапозитив или рисунок 18 учебника). Объяснение указанных видимых движений будет дано позже. Здесь уместно только отметить, что по мере развития представлений человека о небесных светилах изменилось содержание понятия «планета». Известно, например, что раньше к планетам («блуждающим светилам»), кроме Меркурия, Венеры, Марса, Юпитера и Сатурна, относили также Солнце и Луну. Учащимся надо рекомендовать каждый раз при наблюдении звездного неба обращать внимание на положение планет относительно ярких звезд.

Задание на дом: 1) § 5 (6), 6—8.

2) Определить с помощью подвижной карты, какие яркие звезды (не слабее 2-й звездной величины) являются незаходящими в нашем городе.

3) Определить для данного города моменты восхода, захода и кульминаций звезды β Лебеда 30 сентября.

Вопросы для повторения темы «Введение в астрономию»

1. Что изучает астрономия?
2. Чем отличаются планеты от звезд?
3. В чем сущность деления звезд по их блеску на звездные величины?
4. Чем объясняется суточное вращение небосвода?
5. Каково значение небесной сферы для практики?
6. Как располагаются небесный горизонт, отвесная линия, экватор, ось мира и меридиан относительно Земли?
7. Что такое кульминации звезд?
8. Какие светила называются незаходящими, невосходящими, заходящими и восходящими?

Кроме того, учащиеся должны уметь:

1. Устанавливать подвижную карту звездного неба на данный момент времени.
2. Оценивать с помощью подвижной карты условия видимости созвездий.
3. Определять по подвижной карте приближенные моменты восхода, верхней кульминации, захода звезд.
4. Определять на местности направление полуденной линии по Полярной звезде.
5. Находить на небе созвездия: Большую и Малую Медведицы, Кассиопею, Лебеда, Орла, Лиру.
6. Измерять угловые расстояния между звездами угломерной линейкой.

Глава V.

РАЗВИТИЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ О ЗЕМЛЕ И СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЕ

Эта тема, содержащая обширный материал (от астрономии древности до полетов человека в космическое пространство), исключительно важна с точки зрения формирования материалистического мировоззрения и атеистического воспитания учащихся. Материал темы позволяет подвести учащихся к обоснованному выводу об окончательной победе гелиоцентрического учения, развитием которого явились открытия Кеплера и Ньютона.

Примерное поурочное планирование:

1. Геоцентрическая и гелиоцентрическая системы мира.
2. Истинное движение планет и законы Кеплера.
3. Форма и движение Земли.
4. Определение расстояний до небесных тел и размеров небесных тел.
5. Закон всемирного тяготения и его следствия.
6. Теоретические основы запуска искусственных спутников Земли и космических ракет.
7. Достижения Советского Союза в освоении космического пространства.

Урок 4

Проверочная работа № 1 (15 мин)

В а р и а н т 1

1. Какие созвездия, содержащие наиболее яркие звезды, являются в нашей местности а) незаходящими, б) частично незаходящими?
2. Чем объясняется суточное вращение небосвода?

В а р и а н т 2

1. Какие созвездия с наиболее яркими звездами удобно наблюдать сегодня в 22 ч?
2. Чем отличаются планеты от звезд?

В а р и а н т 3

1. Какие звезды (не слабее третьей звездной величины) расположены не далее 5° от небесного экватора?
2. Какое из светил имеет больший блеск — третьей или шестой звездной величины?

В а р и а н т 4

1. Как изменяются (улучшаются или ухудшаются) условия видимости созвездия Орла на протяжении ближайшего месяца?
2. Почему на звездных картах не обозначены планеты?

В а р и а н т 5

1. Определить приближенные моменты кульминаций звезды Веги 28 сентября.

2. В какой последовательности и как именно находили вы созвездия во время ознакомления со звездным небом?

Первые вопросы требуют умения решать простейшие задачи со звездной картой. Ответ на второй вопрос должен быть точным и кратким, не выходящим за пределы нескольких строчек.

Т е м а: Геоцентрическая и гелиоцентрическая системы мира

Ц е л ь у р о к а: рассказать об открытии Коперника и борьбе за гелиоцентрическое мировоззрение.

Н а г л я д н ы е п о с о б и я: демонстрационная подвижная карта звездного неба, диапозитивы (петлеобразное движение планет, гелиоцентрическая система мира Коперника, открытия Галилея).

П л а н у р о к а:

1. Астрономия в древности и религиозные суеверия.
2. Сущность геоцентрической системы мира.
3. Сущность и значение гелиоцентрической системы мира.
4. Борьба за гелиоцентрическое мировоззрение.

Предварительные замечания. Кроме учебника, учителю полезно использовать следующие книги: В. А. Шишаков, В помощь учителю астрономии (Учпедгиз, 1959) и Ю. Г. Перель, Развитие представлений о Вселенной (Физматгиз, 1962). В первой из рекомендуемых книг имеется подробная разработка темы урока, а во второй — обширный материал, включающий в себя космологические представления людей от глубокой древности до наших дней.

Поскольку на уроке удастся лишь кратко рассмотреть основные вопросы темы, желательно провести специальное кружковое занятие или школьный вечер с небольшими докладами о борцах за научное мировоззрение (Бруно, Галилей, Ломоносов).

При изложении материала на уроке основное внимание сосредоточиваем на двух последних пунктах плана.

1. Представления о происхождении и строении мира формировались в тесной связи с религиозными легендами о сотворении мира и его устройстве. Поэтому, кратко характеризуя астрономию древности (§ 9), отмечаем, что «религия возникла в самые первобытные времена из самых невежественных, темных, первобытных представлений людей о своей собственной и об окружающей их внешней природе»¹. Вид небосвода, будто бы опирающегося на Землю, видимое движение светил относительно Земли (их восход и заход) люди в

¹ Ф. Энгельс, Людвиг Фейербах и конец немецкой классической философии, Госполитиздат, 1948, стр. 49.

древности принимали за действительность, ошибочно представляя Землю как неподвижный центр мироздания. Небесным светилам в основном отводилась весьма скромная роль, сводящаяся к обслуживанию земных жителей светом и теплом (Солнце и Луна). Непонимание истинных причин природных и общественных явлений неизбежно приводило к обожествлению светил, к фантастическим представлениям о сверхъестественном влиянии светил на судьбы отдельных людей и целых государств (астрология).

2. Исходным моментом для разъяснения научных представлений о строении мира являются известные учащимся наблюдательные факты:

а) с течением времени взаимное расположение звезд (фигуры созвездий) практически не изменяется (звездная карта), что будто бы свидетельствует о неподвижности звезд;

б) планеты перемещаются на фоне звезд, описывая петли, которые должна объяснить научная теория (диапозитив).

На примере системы Птолемея (§ 10) вскрываем сущность геоцентризма. Поддерживаемая авторитетом церкви, система мира Птолемея, основанная на ложном представлении о центральном положении и неподвижности Земли, почти полторы тысячи лет пользовалась всеобщим признанием. Абсолютный покой Земли как бы символизировал покой на самой Земле—нерушимость «данных от бога» общественно-политических устоев. Одна из основополагающих идей церкви — идея антропоцентризма («человек — венец творения господина бога, созданный им по собственному образу и подобию») неминуемо предполагает геоцентризм.

3. Имена Коперника, Бруно и Галилея известны учащимся из курса истории. Теперь учащимся доступны разъяснение научной сущности и философская оценка идей и открытий этих ученых. В отличие от своих предшественников, пытавшихся уточнить геоцентрическую теорию движения планет путем введения сложной системы эпициклов, Коперник поставил перед собой цель не только описать, но и объяснить наблюдаемые явления. Издание бессмертного творения Коперника «Об обращениях небесных кругов» Энгельс назвал «революционным актом, которым исследование природы заявило о своей независимости»¹.

Гелиоцентрическая система Коперника (§ 11) означала решительный разрыв с религиозно-богословским представлением о «привилегированном» положении Земли и человека во Вселенной. Поэтому революционное открытие Коперника выходит за рамки чистой астрономии и имеет важное значение для развития материалистической философии.

4. Джордано Бруно, гениальный философ, которого инквизиция считала не просто еретиком, а ериспархом (учителем еретиков), считал звезды небесными телами, подобными нашему Солнцу. Соглас-

¹ Ф. Э н г е л ь с, Диалектика природы, Госполитиздат, 1952, стр. 5.

но Бруно, звезды расположены от нас на различных расстояниях; вокруг них, как и вокруг Солнца, обращаются планеты; в бесконечной Вселенной существует бесконечное множество обитаемых миров. Бруно, выступая в защиту и за развитие коперниканства, деятельно разоблачал всю политику церкви. Гордая фраза, которую Бруно, не сломленный многолетними пытками, бросил своим судьям: «Произнося приговор от имени бога милосердного, вы трепещете от страха более, нежели я, идущий на костер», является выражением безграничной веры в конечное торжество материалистической науки.

Далее, используя материал §12 и диапозитивы, нужно не только перечислить телескопические открытия Галилея, но и разъяснить их значение для подтверждения учения Коперника, а также показать роль этих открытий в стирании грани между «земным» и «небесным». В 1964 г. мировая прогрессивная общественность отмечала 400-летие со дня рождения Галилея. Учитель может ознакомиться с некоторыми книгами и статьями, посвященными этой знаменательной дате¹.

В заключение урока необходимо подчеркнуть важность смелой борьбы М. В. Ломоносова за развитие коперниканства в России. Подробнее этот очень интересный вопрос можно раскрыть на кружковых занятиях².

Задание на дом: § 9—12.

Урок 5

Тема: Истинное движение планет и законы Кеплера

Цель урока: объяснить видимое движение планет и основные законы орбитального движения планет.

Наглядные пособия: модель планетной системы, диапозитив (объяснение петлеобразного движения планет), таблицы: «Солнечная система» и «Космические полеты», кинофрагмент «Видимое и истинное движение планет» (из учебного кинофильма «Планетная система»), «Школьный астрономический календарь».

П л а н у р о к а:

1. Объяснение видимого движения планет.
2. Конфигурации планет.
3. Законы Кеплера.

1. Рекомендуемый небольшой кинофрагмент напомнит учащимся о зарождении астрономии и покажет видимую картину перемещения планет на фоне звездного неба. Кроме того, этот кинофрагмент позволит наглядно объяснить петлеобразное движение планет на

¹ Ф. Д. Бублейников, Галилео Галилей, изд. «Просвещение», 1964; Б. Г. Кузнецов, Галилей, изд. «Наука», 1964; П. С. Кудрявцев, Галилео Галилей, «Физика в школе», 1964, № 1; В. А. Шишаков, Галилео Галилей, изд. «Советская Россия», 1964.

² П. И. Попов, Работы М. В. Ломоносова в области астрономии и их освещение в средней школе, «Физика в школе», 1961, № 4.

основе гелиоцентрической системы Коперника. После демонстрации кинофрагмента объяснение петлеобразного движения планет может быть повторено путем рассмотрения диапозитива или рисунка 20, а учебника.

2. Условия видимости планеты зависят от ее расположения относительно Земли и Солнца. Конфигурации планет (элонгации, т. е. наибольшие угловые удаления от Солнца, соединения, противостояния) объясняем, используя модель планетной системы и рисунок 21 учебника. При рассмотрении условий видимости планет в различных конфигурациях (§ 13) отмечаем, что а) вблизи противостояний планеты Марс, Юпитер и Сатурн, видимые невооруженным глазом, наблюдаются всю ночь и в полночь находятся в южной стороне неба на наибольшей за данный год высоте; б) Меркурий и Венера лучше всего видимы вблизи элонгаций. Видимый блеск планеты зависит от конфигурации, в которой она наблюдается (рис. 65).

Сведения о видимости планет учащиеся всегда могут получить из «Школьного астрономического календаря» (разделы «Планеты» и «Справочник наблюдателя»). Например, открыв календарь на 1964 г. на странице 50, узнаем, что в сентябре этого года ночью можно наблюдать Юпитер и Сатурн, а утром — Меркурий и Венеру. В разделе «Планеты» имеются некоторые дополнительные сведения о видимости этих планет. Так, на странице 22 сказано, что условия видимости Юпитера, находящегося в это время в созвездии Тельца, будут хорошими. Зная, в каком созвездии находится эта планета (ее экваториальные координаты даны на странице 26), легко по подвижной карте определить время, наиболее удобное для наблюдения Юпитера.

3. Изучение законов Кеплера позволяет углубить и уточнить представления учащихся о гелиоцентрической системе. После разъяснения геометрических свойств эллипса первые два закона Кеплера не вызывают затруднения у учащихся. Можно отметить, что условия видимости планеты в некоторой степени зависят от эллип-

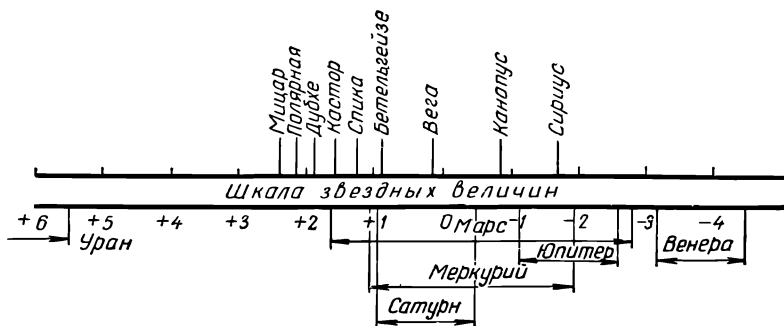


Рис. 65. Пределы изменения блеска планет по сравнению с блеском нескольких ярких звезд.

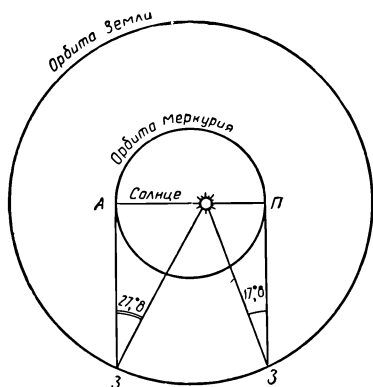


Рис. 66. Объяснение различной величины угла элонгации:
A — афелий; *П* — перигелий.

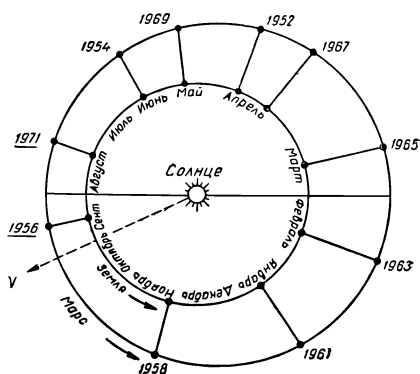


Рис. 67. Противостояние Марса. Подчеркнуты даты великих противостояний.

точности ее орбиты. Так, вследствие значительного эксцентриситета орбиты Меркурия угол его наибольшей элонгации меняется в пределах от $17^{\circ}30'$ до $27^{\circ}45'$ (рис. 66). Вследствие эллиптичности орбит Земли и Марса наилучшие условия видимости Марса наступают лишь в годы «великих противостояний» (рис. 67), повторяющихся через 15 или 17 лет.

Для пояснения III закона Кеплера можно показать таблицу данных о расстояниях планет от Солнца и периодах обращения планет.

Планета	Большая полуось орбиты <i>a</i> (в а. е.)	Период обращения <i>P</i> в (годах)	a^3	P^2
Меркурий	0,387	0,241	0,058	0,058
Венера	0,723	0,615	0,378	0,378
Земля	1,000	1,000	1,000	1,000
Марс	1,524	1,888	3,540	3,538
Юпитер	5,203	11,862	140,8	140,7
Сатурн	9,539	29,458	868,0	867,9

Открытие Кеплером количественных закономерностей в строении Солнечной системы имеет важное философское значение. В курсе обществоведения учащимся сообщается, что закономерности и законы относятся к важнейшим категориям диалектики. Научное исследование природы неизменно приводит к открытию в ней естественных закономерностей. Проблема выявления этих закономерностей в движении планет возникла в связи с тем, что уже к концу XVI в. планетные таблицы, составленные на основе теории

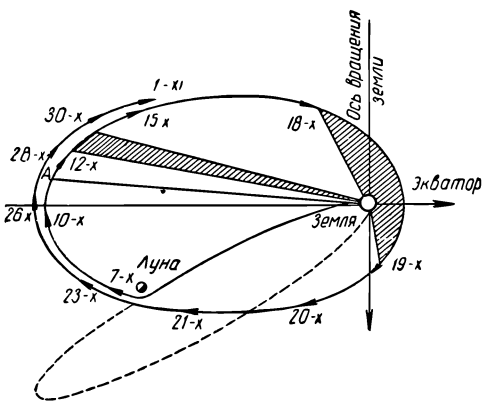


Рис. 68. К объяснению II закона Кеплера.

Коперника, обнаруживали заметные расхождения с наблюдениями. Как известно, законы Кеплера, получившие название «законов неба», не являлись умозрительными, а были открыты в результате тщательного анализа наблюдений Марса, выполненных Тихо Браге. Одну из своих книг Кеплер назвал «Гармония мира», подчеркивая этим, что найденные им законы движения планет характеризуют количественную гармонию Солнечной системы.

Законы Кеплера можно сформулировать и в применении к движению искусственных спутников Земли:

- Искусственный спутник Земли движется по эллипсу, в одном из фокусов которого находится центр масс Земли и спутника.
- Площади, описываемые радиусом-вектором спутника за равные промежутки времени, равны.
- Квадраты времен обращения спутников вокруг Земли пропорциональны кубам больших полуосей их орбит.

Если рядом с таблицей «Солнечная система» вывесить таблицу «Космические полеты» с чертежом орбиты АМС, сфотографировавшей обратную сторону Луны, то закономерности движения по эллиптической орбите будут выявлены наиболее наглядно. В масштабе таблицы «Солнечная система» орбиты планет, кроме Меркурия и Плутона, не отличаются от окружностей, что убеждает учащихся в незначительности эксцентриситетов планетных орбит. Используя имеющийся на таблице чертеж орбиты третьей советской космической ракеты (АМС), можно показать местоположение двух фокусов этой эллиптической орбиты, ее центр, апогей, перигей, большую и малую полуоси, измерить расстояние фокуса от центра и вычислить эксцентриситет орбиты. Этот же чертеж является удобной иллюстрацией второго закона Кеплера: достаточно соединить ряд последовательных ежесуточных отметок на орбите движения АМС с центром Земли и сравнить площади полученных секторов (рис. 68).

Задание на дом: § 13; упр. 1.

Урок 6

Вызвав к доске двух учащихся, разбираем домашние задачи и проверяем знание законов Кеплера. Дополнительные вопросы могут быть такие:

- Чем объясняется петлеобразное движение планет?

б) В каких конфигурациях и в какое время суток удобно наблюдать планету Венеру?

в) В каких конфигурациях и в какое время суток удобно наблюдать планету Марс?

Тема: Форма и движение Земли

Цель урока: сообщить учащимся сведения о форме, размерах и двух основных движениях Земли.

Наглядные пособия: центробежная машина с двумя насадками (гибкие обручи и платформа с маятником), приспособление для демонстрации годичного параллакса, диапозитив (вид Земли из космоса).

П л а н у р о к а:

1. Форма и размеры Земли.
2. Доказательства вращения Земли вокруг оси.
3. Доказательства обращения Земли вокруг Солнца.

Предварительные замечания. В настоящее время, когда вокруг Земли обращаются десятки искусственных спутников, а космонавтами получены многочисленные фотографии вида нашей планеты из космического пространства, отпадает необходимость убеждать учащихся в шарообразности Земли и ее вращения вокруг оси. Поэтому обоснование шарообразности Земли в курсе современной школьной астрономии поучительно в историческом аспекте: учащиеся получают представление о самом процессе познания, в ходе которого задолго до начала космических полетов удалось многое узнать о фигуре нашей планеты.

Важное значение для обоснования истинности основных положений гелиоцентрической системы мира имеют доказательства вращения и обращения Земли, изложенные в § 18 и 19. Эти параграфы в учебнике следуют за темой «Всемирное тяготение», хотя программа по астрономии логично предусматривает изложение доказательств вращения и обращения Земли после ознакомления с ее формой и размерами.

1. В начале объяснения можно напомнить учащимся простейшие наблюдательные факты (на открытой местности линия горизонта представляется окружностью; дальность горизонта увеличивается по мере подъема над поверхностью Земли; лучи заходящего Солнца освещают облака, тогда как земную поверхность Солнце уже не освещает), известные из курса физической географии. Затем приводим следующие астрономические доказательства шарообразности Земли: а) круговая форма края земной тени на Луне во время лунного затмения (§ 14); б) градусные измерения, связанные с определением длины дуги земного меридиана в 1° (§ 14). Градусные измерения позволяют сделать выводы о форме Земли и ее размерах. На экваторе длина дуги в 1° составляет 110,6 км, а у полярного круга — 111,5 км, что свидетельствует о сжатии Земли вдоль оси вращения.

Связь сжатия Земли с ее суточным вращением поясняем деформацией гибких обручей, приведенных во вращение центробежной машиной. Сообщив о величине среднего радиуса Земли и величине сжатия (§ 14), подчеркиваем, что: а) измерения Земли осуществляются астрономическими и геодезическими методами (§ 14); б) истинная фигура Земли оказывается весьма сложной и уточняется в настоящее время новейшими методами, включающими использование искусственных спутников Земли. Подробнее это можно рассмотреть на внеклассных занятиях.

2. Перед изложением материала § 18 и 19 отмечаем, что современная астрономия, в основу которой положено учение Коперника о двух основных движениях Земли, не ограничивается только логическим обоснованием этих движений, а приводит ряд строгих физических и астрономических доказательств. Для объяснения идеи опыта Фуко демонстрируем обычно имеющуюся в физическом кабинете модель, представляющую специальную насадку к школьной центробежной машине. При объяснении отклонения падающих тел к востоку используем рисунок 32 учебника. Учащиеся располагают сведениями из механики, необходимыми для понимания этого явления. Отклонение падающих тел к востоку и маятник Фуко не только дают возможность обнаружить вращение Земли, но и позволяют установить направление суточного вращения Земли.

3. Понятие о параллактическом смещении звезд (§ 19) даем, используя модель и рисунок 34 учебника. Подчеркиваем, что обнаружить параллактическое смещение звезд трудно из-за их большой удаленности. Несмотря на это, уже более ста лет на астрономических обсерваториях измеряются параллаксы звезд.

Задание на дом: 1) § 14, 18, 19.

2) Выяснить, на каких географических широтах отклонение падающих тел к востоку и видимый поворот плоскости колебаний маятника достигают своего наибольшего и наименьшего значения, зная, что:

а) отклонение к востоку свободно падающего тела можно рассчитать по формуле:

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

где y — отклонение упавшего тела к востоку (в мм); h — высота падения (в м); φ — широта места¹;

б) угол кажущегося поворота за час плоскости колебания маятника вычисляется по формуле:

$$x = 15^\circ \sin \varphi.$$

¹ В теоретической механике доказывается, что $y = \frac{2\pi}{3T} \sqrt{\frac{8h^3}{g}} \cos \varphi$, где, кроме упомянутых обозначений, T — период обращения Земли вокруг оси; g — ускорение свободного падения. Наличие нескольких постоянных коэффициентов позволяет записать формулу в том виде, в котором она приведена в тексте.

3) Самостоятельно найти на звездном небе созвездия Пегаса, Андромеды и Персея. В созвездии Персея обратить внимание на звезду β .

Урок 7

Урок начинаем беседой с целью проверки усвоения учащимися следующих вопросов:

- 1) По каким кривым планеты обращаются вокруг Солнца?
- 2) Как изменяется скорость планеты при ее движении вокруг Солнца?
- 3) Как связаны периоды обращения и большие полуоси планетных орбит?
- 4) Каковы доказательства шарообразности Земли?
- 5) Чему равны средний радиус и сжатие Земли?
- 6) Каковы доказательства вращения Земли вокруг оси?
- 7) Какое явление доказывает годичное обращение Земли вокруг Солнца?

Тема: Определение расстояний до небесных тел и размеров небесных тел

Цель урока: дать понятие об определении расстояний до небесных тел по их параллаксам.

Приборы и наглядные пособия: школьный теодолит, модель для объяснения горизонтального параллакса светил, кинофрагмент «Годичный параллакс звезд».

П л а н у р о к а:

1. Определение расстояний до тел Солнечной системы.
2. Определение расстояний до звезд.
3. Определение размеров тел Солнечной системы.

1. С явлением параллактического смещения учащиеся познакомились на предыдущем уроке. Поэтому достаточно уточнить имеющиеся у них сведения и рассмотреть зависимость параллакса от величины базиса и расстояния до светила (§ 15). Установив в конце класса какой-либо предмет, можно с помощью школьного теодолита пояснить принцип определения расстояния до него. Это поможет объяснить сущность метода определения расстояний до небесных тел. Для пояснения понятия горизонтального параллакса полезно применить модель, описанную на странице 71.

Для вычисления расстояний до небесных тел формулу

$$D = \frac{R}{\sin p_0},$$

где D — расстояние до небесного тела, p_0 — его горизонтальный параллакс и R — радиус Земли, представим в другом виде. Вследствие малости горизонтальных параллаксов имеем:

$$\sin p_0'' = p_0 \sin 1'' = \frac{p_0}{206265}. \text{ Тогда } D = \frac{206265R}{p_0}.$$

2. Вопрос об определении расстояний до звезд (§ 49) уместно рассмотреть, используя рекомендуемый кинофрагмент, именно на данном уроке, поскольку, во-первых, с параллактическим смещением звезд учащиеся уже знакомы и, во-вторых, сопоставление методов определения расстояний до звезд и планет позволяет более наглядно показать удаленность звезд. Последний абзац § 15 непосредственно связан с содержанием § 49. Преобразование формулы $D = \frac{a}{\sin \pi}$, где D — расстояние до звезды, a — средний радиус земной орбиты, π — годичный параллакс, аналогично описанному выше преобразованию формулы для определения расстояний до тел Солнечной системы.

Формулу $D = \frac{1}{\pi}$ учащимся полезно запомнить, поскольку, пользуясь этим соотношением, они легко сумеют определить расстояние до звезды (в парсеках) по известной величине годичного параллакса.

3. Определение размеров тел Солнечной системы объясняем, следуя § 16. В формулу $R = D \sin \rho$ подставляем значение $D = \frac{R_0}{\sin \rho_0}$. Тогда $R = R_0 \frac{\sin \rho}{\sin \rho_0}$, где R — линейный радиус светила, ρ — угловой радиус светила, ρ_0 — горизонтальный параллакс светила, R_0 — радиус Земли. При решении задач, учитывая малость углов ρ и ρ_0 , можно применять формулу:

$$R = R_0 \frac{\rho}{\rho_0}.$$

Анализируя формулу, отмечаем, что точность определения размеров небесных тел зависит от точности измерения радиуса Земли, горизонтального параллакса и углового радиуса светила. При этом учащиеся убеждаются в том, что угловые измерения на воображаемой небесной сфере помогают определить расстояния до небесных тел и их размеры.

Вопросы об определении размеров небесных тел и расстояний до них имеют большое философское значение как свидетельство познаваемости мира. Важно, что расстояния до небесных тел определяются различными, независимыми друг от друга методами, приводящими практически к одинаковым результатам. Например, данные о расстояниях до небесных тел Солнечной системы, полученные методом параллаксов, оказались в хорошем согласии с радиолокационным определением расстояний до Луны, Солнца и некоторых планет.

Задание на дом: § 15, 16 и 49; упр. 3.

Урок 8

Тема: Закон всемирного тяготения и его следствия

Цель урока: разъяснить роль закона всемирного тяготения для решения различных вопросов астрономии.

Наглядные пособия: модель для объяснения приливов, диапозитив (схема лунных приливов).

П л а н у р о к а:

1. Закон всемирного тяготения.
2. Уточнение Ньютоном законов Кеплера.
3. Объяснение приливов и отливов.
4. Возмущения в движении планет.

1. После установления истинных законов движения планет вокруг Солнца — кинематики планетной системы — возник вопрос о причинах наблюдаемых движений. Солнце, находящееся в центре Солнечной системы (учение Коперника), должно играть определяющую роль в движении планет. Это стало особенно ощутимо после открытия II закона Кеплера. Напомнив учащимся формулировку закона всемирного тяготения и его формулу (§ 17), отмечаем, что действие этого закона проявляется не только в нашей Солнечной системе, но и далеко за ее пределами.

В земных условиях закон всемирного тяготения проявляет себя в свойстве тяжести, присущей всем телам на Земле. Важно обосновать тождественность силы тяготения и силы тяжести. Обозначив центростремительное ускорение Луны через ω , а среднее расстояние между центрами Луны и Земли — D (примерно 60 радиусов Земли), воспользуемся известной учащимся формулой:

$$\omega = \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 D,$$

где T — период обращения Луны вокруг Земли (27,3 суток), и вычислим по ней центростремительное ускорение Луны:

$$\omega = \left(\frac{2\pi}{27,3 \cdot 86400}\right)^2 \cdot 60 \cdot 6370 \cdot 10^5 \text{ см/сек}^2 \approx 0,271 \text{ см/сек}^2.$$

С другой стороны, если сила тяжести простирается до Луны, то центростремительное ускорение движения Луны должно быть в 60^2 раз меньше, чем ускорение силы тяжести у поверхности Земли, т. е. $\frac{980}{60^2} \text{ см/сек}^2 \approx 0,27 \text{ см/сек}^2$. Отсюда следует, что центростремительной силой, удерживающей Луну в ее орбитальном движении вокруг Земли, является сила земного тяготения.

После этих рассуждений рисунок 28 учебника («Падение» Луны к Земле») не вызовет у учащихся затруднения.

Философское значение закона всемирного тяготения состоит, в частности, в том, что после его открытия тяготение можно было

с полным правом считать общим свойством всех тел в природе. Этот закон и создание Ньютоном фундамента небесной механики бесспорно является одной из выдающихся побед научного естествознания. Открытие закона всемирного тяготения поставило человеческий разум перед решением проблемы природы тяготения. В самом деле, еще Энгельс отмечал, что ньютоновское тяготение не объясняет, а в лучшем случае представляет современное состояние планет, поскольку «ньютоновское притяжение и центробежная сила — пример метафизического мышления: проблема не решена, а только поставлена, и это преподносится как решение»¹. Природа сил тяготения не раскрыта и в настоящее время. Значительным шагом в направлении более глубокого понимания свойств тяготения явилась общая теория относительности Эйнштейна, в которой тяготение рассматривается как проявление пространственно-временных свойств объективно существующего мира. Согласно этой теории материальные тела искривляют пространство и рассмотрение действия сил тяготения можно заменить исследованием геометрических свойств пространства.

2. Из уравнения закона всемирного тяготения Ньютона с помощью методов высшей математики получил законы Кеплера в более общей и точной форме, чем их вывел Кеплер. Оказалось, что орбита небесного тела может быть не только эллиптической (первый закон Кеплера), но и круговой, параболической или гиперболической, т. е. под действием силы тяготения материальные тела могут двигаться по любому коническому сечению. В случае движения по параболе и гиперболе тела не являются спутниками. Желательно не только начертить возможные орбиты небесных тел (рис. 29 учебника), но и воспользоваться наглядными пособиями из кабинета математики, иллюстрирующими различные виды сечений конуса.

В учебнике говорится об уточнении Ньютоном третьего закона Кеплера. Ньютон доказал, что

$$\frac{P^2 (M + m)}{a^3} = \frac{4\pi^2}{\gamma} = \text{const},$$

где, кроме известных обозначений, M и m — массы взаимодействующих материальных тел. В применении к Солнцу и двум планетам имеем:

$$\frac{P_1^2 (M + m_1)}{P_2^2 (M + m_2)} = \frac{a_1^3}{a_2^3},$$

где M — масса Солнца, m_1 и m_2 — массы планет, a_1 и a_2 — большие полуоси орбит планет, P_1 и P_2 — периоды обращения планет вокруг Солнца.

¹ Ф. Энгельс, Диалектика природы, Госполитиздат, 1952, стр. 217.

Так как масса любой из планет во много раз меньше массы Солнца, то учащиеся легко выведут из точной формулы третьего закона Кеплера формулу:

$$\frac{P_1^2}{P_2^2} = \frac{a_1^3}{a_2^3}.$$

Значение уточнения Ньютоном третьего закона Кеплера связано с возможностью определения масс небесных тел по известным из наблюдений периодам обращения и расстояниям между телами.

Отметим, что Эйнштейну принадлежит рассмотрение проблемы движения планет с точки зрения созданной им общей теории относительности. Оказалось, что, как и в классической теории тяготения Ньютона, в общей теории относительности орбиты планет являются эллипсами. Но в отличие от механики Ньютона из теории Эйнштейна следовало, что планетные орбиты должны медленно поворачиваться вокруг Солнца в направлении движения планет. Скорость поворота зависит при данной массе Солнца от расстояния планеты от Солнца. Эффект наиболее заметен в движении планет с большой орбитальной скоростью. Поэтому он был обнаружен в движении Меркурия еще в XIX в., когда стало известно, что за сто лет смещение перигелия Меркурия составляет примерно $43''$. В настоящее время прежняя загадка превратилась в замечательное астрономическое подтверждение теории относительности.

3. При объяснении приливов и отливов используем модель и диапозитив. Изложение ведем, следуя учебнику, но сравниваем не силы, с которыми притягиваются к Луне различные точки земной поверхности, а ускорения, сообщенные Луной этим точкам. Сообщаем, что самые большие морские приливы на Земле (до 18 м) наблюдаются на восточном берегу Канады. В Пенжинской губе Охотского моря приливы достигают 13 м.

С приливным трением связано замедление вращения Земли. В результате замедления вращения Земли вокруг оси земные сутки увеличиваются примерно на 0,0016 сек за 100 лет.

4. Рассказывая о возмущениях в движении планет (§ 17), отмечаем, что а) основной силой, управляющей движением тел Солнечной системы, является сила притяжения Солнца и б) влияние взаимных притяжений планет мало по сравнению с притяжением Солнца (например, Земля притягивается Юпитером в 16 000 раз слабее, чем Солнцем). И все-таки результатом этого влияния являются отклонения планет от эллиптического движения. В частности, учет возмущений в движении Урана привел в середине прошлого века к открытию Нептуна.

Однако, несмотря на поразительные успехи гелиоцентрической системы, известные попытки использовать теорию относительности для «доказательства» равноправности геоцентрической и гелиоцентрической систем мира, стремясь в XX в. объявить бессмысленным спор между сторонниками Птолемея и Коперника. Истинной

является та система, которая соответствует реальному положению вещей. Именно такой является система Коперника.

Вывод об эквивалентности геоцентрической и гелиоцентрической системы обусловлен тем, что эти системы рассматривались лишь как средство изображения движений небесных тел. В современной астрономии при решении различных задач (например, при определении элементов орбиты из наблюдений) пользуются не только гелиоцентрическими, но и геоцентрическими координатами. Однако пригодность тех и других координат не снимает вопроса о коренной противоположности учений Коперника и Птолемея. Классическая механика Ньютона дала окончательное обоснование системы Коперника. Общая теория относительности, уточнившая лишь в деталях движение тел Солнечной системы, принципиальных преимуществ перед классической механикой в данной проблеме не имеет. Следовательно, современная физика так же, как и классическая, подтверждает правильность основных идей гелиоцентризма.

Задание на дом: § 17; упр. 2.

Урок 9

Устный опрос.

- а) Как определяются расстояния до тел Солнечной системы?
б) Задача № 2 из упр. 3.
- а) Как определяются расстояния до звезд?
б) Задача № 1 из упр. 3.
- а) Как определяются массы небесных тел?
б) Упр. 2.

Тема: Теоретические основы запуска искусственных спутников Земли и космических ракет

Ц е л ь у р о к а: показать, что движение искусственных небесных тел так же, как и планет и их спутников, происходит под действием сил одной природы — сил тяготения.

Н а г л я д н ы е п о с о б и я: модель для демонстрации движения ИСЗ, таблица «Космические полеты», диапозитивы (круговые скорости ИСЗ, зависимость параметров орбиты ИСЗ от скорости запуска в горизонтальном направлении, схема запуска АМС с орбиты ИСЗ, траектории полетов к Луне, Венере и Марсу).

П л а н у р о к а:

- Космические скорости.
- Зависимость формы орбиты от начальной скорости.

1. Демонстрируя на модели движение ИСЗ, ставим перед учащимися вопрос о силах, действующих на спутник. Из курса физики известно, что поскольку центростремительной силой, удерживающей спутник на орбите, является сила тяготения, то

$$\frac{mv_1^2}{(R_0 + h)} = \gamma \frac{Mm}{(R_0 + h)^2},$$

где m — масса спутника, v_1 — круговая (или первая космическая) скорость, M — масса Земли, γ — постоянная тяготения, R_0 — средний радиус Земли, h — средняя высота спутника над поверхностью Земли, откуда для величины первой космической скорости имеем:

$$v_1 = \sqrt{\frac{\gamma M}{(R_0 + h)}}.$$

Период обращения спутника, движущегося по круговой орбите, есть:

$$P = \frac{2\pi(R_0 + h)}{v_1} = \frac{2\pi(R_0 + h)\sqrt{R_0 + h}}{\sqrt{\gamma M}}; \quad P = \frac{2\pi\sqrt{(R_0 + h)^3}}{\sqrt{\gamma M}}.$$

Напомним об этом, переходим к рассмотрению случая эллиптического движения. Величины периода и большой полуоси эллиптической орбиты спутника связаны третьим законом Кеплера. Зная, что гипотетический спутник, движущийся по круговой орбите на расстоянии, равном среднему радиусу Земли, делает оборот вокруг Земли примерно за $84,5$ мин, запишем:

$$\frac{P_1^2}{P_0^2} = \frac{a_1^3}{R_0^3};$$

$$\frac{a_1^3}{P_1^2} = \frac{R_0^3}{P_0^2},$$

где $R_0 = 6371$ км; $P_0 = 84,5$ мин. Тогда

$$\frac{a_1^3}{P_1^2} = 3,64 \cdot 10^7 \text{ км}^3/\text{мин}^2.$$

Отсюда

$$a_1 = \sqrt[3]{3,64 \cdot 10^7 \cdot P_1^2} \text{ (км)}$$

(причем $a_1 = R_0 + h$),

или

$$P_1 = \sqrt[3]{\frac{a_1^3}{3,64 \cdot 10^7}} \text{ (мин)}.$$

Пользуясь таблицей (на стр. 130) приближенных параметров, можно легко составить вычислительные задачи.

Величины второй ($11,2$ км/сек) и третьей ($16,6$ км/сек) космической скорости на уроке даются без вывода. Желательно, чтобы учащиеся знали соотношение $v_2 = \sqrt{2} v_1$, где v_2 — вторая космическая скорость, а v_1 — первая космическая скорость.

Период обращения ИСЗ, мин	Средняя высота спутника, км	Круговая скорость спутника, км/сек
85	25	7,90
89	220	7,80
90	271	7,77
95	514	7,62
100	754	7,48
105	989	7,35
110	1221	7,24
115	1449	7,14
120	1674	7,04

Для вывода формулы второй космической скорости найдем выражение потенциальной энергии, которой обладает тело массой m в поле тяготения Земли. Известная учащимся формула $U = mgh$ справедлива лишь для случаев, когда $h \ll R_0$, где R_0 — радиус Земли. Пусть тело массой m требуется переместить с поверхности Земли в точку, удаленную от центра Земли на расстояние r . Какую работу нужно совершить при этом? Разбив отрезок r на n малых интервалов, подсчитаем на каждом из них величину элементарной работы:

$$A_1 = F_{\text{сп}_1} (r_1 - R_0) = \gamma \frac{Mm}{R_0 r_1} (r_1 - R_0) = \gamma Mm \left(\frac{1}{R_0} - \frac{1}{r_1} \right)$$

$$A_2 = F_{\text{сп}_2} (r_2 - r_1) = \gamma \frac{Mm}{r_1 r_2} (r_2 - r_1) = \gamma Mm \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right)$$

.....

$$A_{n-1} = F_{\text{сп}_{n-1}} (r_{n-1} - r_k) = \gamma \frac{Mm}{r_{n-1} r_k} (r_{n-1} - r_k) = \gamma Mm \left(\frac{1}{r_k} - \frac{1}{r_{n-1}} \right)$$

$$A_n = F_{\text{сп}_n} (r_n - r_{n-1}) = \gamma \frac{Mm}{r_{n-1} r_n} (r_n - r_{n-1}) = \gamma Mm \left(\frac{1}{r_{n-1}} - \frac{1}{r_n} \right)$$

Откуда:

$$A = A_1 + A_2 + \dots + A_{n-1} + A_n, \text{ т. е.}$$

$$A = \gamma Mm \left(\frac{1}{R_0} - \frac{1}{r_n} \right), \text{ или } A = \gamma Mm \left(\frac{1}{R_0} - \frac{1}{r} \right), \text{ т. к. } r = r_n.$$

Следовательно, энергия, запасенная телом, будет равна:

$$U = \gamma Mm \left(\frac{1}{R_0} - \frac{1}{r} \right).$$

Теперь из равенства кинетической и потенциальной энергии (при $r \rightarrow \infty$) получим выражение для второй космической скорости:

$$\frac{1}{2} mv^2 = \gamma Mm \left(\frac{1}{R_0} - \frac{1}{r_\infty} \right).$$

При $r \rightarrow \infty$ $\frac{1}{r} \rightarrow 0$.

$$v_2 = \sqrt{\frac{2 \gamma M^1}{R_0}}.$$

Сравнивая формулу для v_1 (при $h = 0$) с только что выведенной, получаем: $v_2 = \sqrt{2} v_1 \approx 1,41 v_1$. Если в формуле для v_2 понимать под M массу не Земли, а другого небесного тела, имеющего радиус R , то можно вычислить вторую космическую скорость в условиях любого небесного тела. В качестве примера полезно показать, как вычислить первую и вторую космическую скорость для какой-нибудь планеты.

Нередко вторую космическую скорость (или параболическую скорость) называют скоростью улетучивания или ускользания. Это связано с тем, что если молекула газа, входящего в состав атмосферы планеты, приобретает скорость, равную или больше v_2 , то она покидает планету.

Какую скорость относительно Земли должна иметь космическая ракета, чтобы она навсегда покинула Солнечную систему? Рассмотрим движение Земли вокруг Солнца. Земля — спутник Солнца. Скорость орбитального движения Земли (29,8 км/сек) есть ее первая космическая скорость относительно Солнца. Значит, параболическая скорость Земли относительно Солнца будет:

$$1,41 \cdot 29,8 \text{ км/сек} = 42,1 \text{ км/сек}.$$

Ракетам, стартующим с Земли, не нужно сообщать такую скорость, поскольку можно использовать имеющуюся орбитальную скорость Земли и сообщать дополнительную скорость, равную

$$(42,1 - 29,8) \text{ км/сек} = 12,3 \text{ км/сек}.$$

Но, говоря о старте ракеты с поверхности Земли, мы пока не учитывали необходимость преодоления земного тяготения.

Из рисунка 69 видно, что скорость, которую необходимо сообщить ракете, есть геометрическая сумма скоростей, равных 12,3 км/сек и 11,2 км/сек. Это связано с тем, что полная энергия E , которую надо сообщить ракете, складывается из энергии преодоления

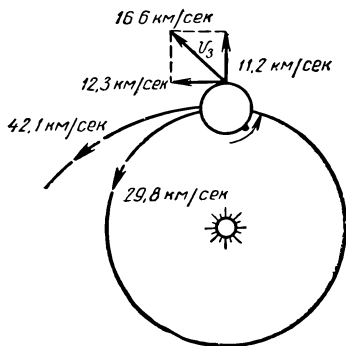


Рис. 69. К определению третьей космической скорости.

¹ См. также статью А. М. Нисневича «Вывод формулы скорости небесного тела», «Физика в школе», 1962, № 1.

поля тяготения Земли [$E_1 \sim (11,2 \text{ км/сек})^2$] и энергии сообщения ей дополнительной скорости [$E_2 \div (12,3 \text{ км/сек})^2$]. Поэтому третья космическая скорость будет равна:

$$v_3 = \sqrt{12,3^2 + 11,2^2} = 16,6 \text{ км/сек.}$$

3. Форма траектории движения искусственных тел зависит от величины и направления скорости запуска. Если телу, выведенному на орбиту, сообщена в горизонтальном направлении скорость v_1 , то оно будет двигаться по круговой орбите (рис. 35 учебника).

Если скорость спутника v в момент его выхода на орбиту больше круговой, но меньше параболической ($v_1 < v < v_2$), то орбита спутника — эллипс, фокус которого совпадает с центром Земли (плоскость орбиты спутника всегда проходит через центр Земли).

Если скорость последней ступени ракеты или отделившейся от нее автоматической станции достигнет или превысит вторую космическую скорость ($v \geq v_2$), то движение будет происходить по отрезкам разомкнутых кривых (парабола или гипербола). Таким образом, рассматривая вопрос о зависимости формы траектории тела от начальной скорости, получаем возможность проиллюстрировать один из законов диалектики — закон перехода количественных изменений в качественные.

Движение ракеты, удалившейся от Земли на расстояние около 1 млн. км, определяется почти исключительно притяжением Солнца, т. е. ракета превращается в искусственную планету (рис. 36 учебника). Автоматическим межпланетным станциям, запускаемым к Луне и планетам Солнечной системы, уже сейчас сообщаются скорости, несколько превышающие вторую космическую скорость. Технически (и на это указывал в свое время К. Э. Циолковский) выгодно производить старт космических ракет с борта ИСЗ. Как известно, такие запуски неоднократно осуществлялись в нашей стране при полетах АМС к Луне, Марсу и Венере.

Рассказ о космических скоростях и орбитах искусственных небесных тел сопровождаем показом рисунков и чертежей двух наглядных таблиц «Космические полеты». На первой из этих таблиц прежде всего показываем круговую орбиту спутника. Обращаем внимание на то, что при скорости, меньшей первой космической, тело падает на Землю. В качестве эллиптической орбиты спутника на первой таблице можно показать орбиту ИСЗ-II. На второй таблице хорошо видно, что тело, получившее у поверхности Земли скорость 11 км/сек, движется по эллиптической траектории (на таблице — пунктирная линия). Полезно сравнить эту траекторию с эллиптическими орбитами, по которым движутся космические ракеты, имеющие начальные скорости 11,1 км/сек и 11,2 км/сек и достигающие Луны соответственно через 5 и 2 суток. Тело может достигнуть Луны не только по эллиптической или параболической, но и по гиперболической траектории.

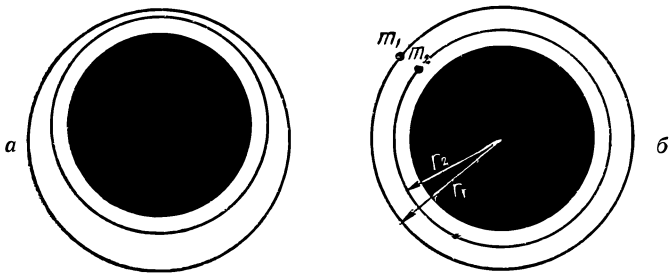


Рис. 70. Изменения орбиты ИСЗ вследствие торможения в земной атмосфере.

На внеклассных занятиях можно рассмотреть вопрос об изменении формы орбиты и скорости движения ИСЗ. Как известно, вследствие торможения, испытываемого спутниками при их движении в атмосфере Земли, первоначальные эллиптические орбиты (рис. 70, а) приближаются постепенно к круговым при одновременном уменьшении высот движения (рис. 70, б). При этом скорость тормозящегося спутника возрастает. Полная энергия движущегося спутника равна:

$$E = -\gamma \frac{Mm}{r} + \frac{mv^2}{2},$$

где M — масса Земли, m — масса спутника, r — расстояние от центра Земли до спутника, v — скорость движения спутника. Так как

$$v = \sqrt{\frac{\gamma M}{r}},$$

то

$$\frac{mv^2}{2} = \frac{m}{2} \left(\sqrt{\frac{\gamma M}{r}} \right)^2 = \gamma \frac{Mm}{2r},$$

т. е. по абсолютной величине потенциальная энергия спутника в два раза больше кинетической. Следовательно, выражение для полной энергии можно записать в виде:

$$E = -\gamma \frac{mM}{r}.$$

Вследствие трения полная энергия уменьшается, т. е. она возрастает по абсолютной величине при уменьшении r (спутник снижается). Но почему трение приводит к возрастанию скорости движения? Так как

$$E = -\gamma \frac{Mm}{r} + \gamma \frac{Mm}{2r},$$

то при снижении спутника потенциальная энергия убывает (т. е. растет по абсолютной величине) вдвое быстрее, чем возрастает кинетическая энергия. Возрастанием кинетической энергии спутника объясняется **увеличение** скорости его орбитального движения.

Задание на дом:

- 1) § 20 (с первого абзаца стр. 49); упр. 4.
- 2) Вычислить круговые скорости для Луны, Марса.
- 3)* Обнаружить изменение блеска β Персея (стр. 97).

Урок 10

Тема: Достижения Советского Союза в освоении космического пространства

Ц е л ь у р о к а: систематизировать знания учащихся об освоении космического пространства и показать первенство нашей страны в покорении космоса.

Наглядные пособия: Таблицы «Космические полеты» или диапозитивы (запуск ИСЗ, ИСЗ-1, положение АМС при фотографировании обратной стороны Луны, схема запуска АМС с орбиты ИСЗ, радиационный пояс Земли, фотография обратной стороны Луны, Ю. А. Гагарин перед подъемом в кабину корабля «Восток-1», внутренний вид кабины корабля «Восток-1», проект большого ИСЗ (по Штернфельду), посадка корабля на поверхность Луны).

П л а н у р о к а:

1. Задачи запуска ИСЗ и космических ракет.
2. Основные этапы исследования космического пространства.
3. Важнейшие результаты, полученные с ИСЗ и космическими ракетами.
4. Перспективы космических исследований.

1. Укажем ряд проблем, в разрешении которых существенная роль принадлежит ИСЗ и космическим ракетам:

а) Исследование Земли: уточнение формы и распределения масс в земных глубинах, изучение аномалий магнитного поля Земли и т. д.

б) Исследование атмосферы Земли: анализ температуры, давления, плотности, химического состава верхних слоев земной атмосферы; исследование структуры, эволюции и движения облачных систем, что необходимо для решения ряда метеорологических задач.

в) Исследование коротковолнового излучения Солнца, в значительной степени поглощаемого земной атмосферой.

г) Исследование космических лучей до их взаимодействия с плотными слоями атмосферы Земли.

д) Исследование Луны, планет и других небесных тел околоземными космическими лабораториями и автоматическими межпланетными станциями.

2. Необходимо отметить плановый, научно обоснованный характер космических исследований в нашей стране. Используя материал таблиц «Космические полеты», заранее отмеченные кадры из диафильмов или соответствующие им диапозитивы, напоминаем учащимся основные этапы освоения космического пространства:

А. Запуск первых советских искусственных спутников Земли (1957—1958 гг.), знаменующих начало космической эры, был осуществлен в соответствии с программой Международного геофизического года (МГГ). В период МГГ ученые многих стран проводили комплексные исследования разнообразных процессов на Земле и в космическом пространстве. Запуск советского ИСЗ-I явился первой обстоятельной разведкой космоса, позволившей получить данные о верхней атмосфере, об условиях обеспечения радиосвязи со спутником, о температурном режиме внутри спутника. Эти данные уточнялись с помощью аппаратуры ИСЗ-II, в котором, кроме контейнеров с приборами и средствами радиосвязи, находился контейнер с собакой Лайкой.

Стремление советских ученых к комплексности исследований и большие мощности советских многоступенчатых ракет нашли свое отражение в успешном запуске ИСЗ-III, который совершил вокруг Земли свыше 10 000 оборотов и позволил выполнить научные исследования по всему разделу программы МГГ, принятой на себя Советским Союзом.

Успешный запуск первых ИСЗ явился началом обширных исследований физики верхних слоев атмосферы и космического пространства. Достаточно напомнить, что с 16 марта 1962 г. в Советском Союзе регулярно производится запуск искусственных спутников Земли серии «Космос».

Б. Запуск трех советских космических лунных ракет (1959 г.) явился свидетельством того, что современная ракетная техника обеспечивает достижение не только первой, но и второй космической скорости при высокой точности прицела. Дальнейшее усовершенствование советских космических ракет и отработка их старта с борта тяжелого искусственного спутника Земли привели к осуществлению первых запусков к Венере и Марсу и новых запусков к Луне.

В. Запуском первого космического корабля-спутника (15 мая 1960 г.) была начата серия экспериментов по выведению на орбиту вокруг Земли космических кораблей-спутников массой свыше 4,5 т (1960—1962 гг.). В отличие от ИСЗ и космических ракет, запуск которых не предусматривал возвращения этих аппаратов на Землю, космические корабли-спутники нужно было не только научиться выводить на орбиту, но и осуществлять посадку в заданный район. Решение этой задачи неразрывно связано со следующим важным этапом в освоении космоса — запуском кораблей-спутников с человеком на борту.

Г. Новый этап в освоении космоса ознаменовался космическим полетом первого в мире космонавта Ю. А. Гагарина. Учащимся следует разъяснить принципиальное значение полетов человека в космос. Кибернетические устройства, устанавливаемые на борту спутников или космических ракет, позволяют получить большое количество важных сведений о космосе. Однако автоматы решают лишь те задачи, которые ставит перед ними человек, находящийся на Земле. Невозможно предусмотреть все явления, с которыми придется встретиться при полетах в космос, и особенно в процессе непосредственного исследования Луны и планет. Поэтому необходимо после проведения обстоятельной «автоматической» разведки направить в космос человека. Необходимо подчеркнуть, что первые советские герои-космонавты были направлены в космос лишь после выяснения воздействия разнообразных космических факторов на организм животных и тщательной разработки безопасной для жизни космонавта конструкции корабля «Восток». Поразительно короткие сроки от первого биологического эксперимента на ИСЗ-II (3 ноября 1957 г.) до полета Ю. А. Гагарина (12 апреля 1961 г.), а затем группового полета А. Г. Николаева и П. Р. Поповича (11—12 августа 1962 г.) и многосуточного полета В. Ф. Быковского и первой в мире женщины-космонавта В. В. Терешковой (14—16 июня 1963 г.), первого в мире советского трехместного корабля (12—13 октября 1964 г.), пилотируемого В. М. Комаровым, К. П. Феоктистовым и Б. Б. Егоровым, свидетельствуют о грандиозном размахе работ по исследованию космического пространства, проводимых в нашей стране. Выдающимся достижением советской науки явился успешный полет корабля «Восход-2» (18 марта 1965 г.), экипаж которого (П. И. Беляев и А. А. Леонов) выполнил новый сложный эксперимент в космосе. День первого в мире полета человека в космос — 12 апреля — ежегодно отмечается в нашей стране как День космонавтики. В некоторых школах традицией стало проведение тематических вечеров, посвященных этому дню.

Д. Качественно новым этапом освоения космоса является осуществление запуска первого в мире маневрирующего спутника «Полет-1» (1 ноября 1963 г.).

30 января 1964 г. в Советском Союзе была запущена новая система, состоящая из двух искусственных спутников Земли: «Электрон-1» и «Электрон-2». В этом запуске удалось с помощью одной мощной ракеты-носителя вывести спутники на существенно различные орбиты.

Основной задачей запуска спутников серии «Электрон» (вторая пара была запущена 11 июля 1964 г.) является одновременное исследование различных областей радиационного пояса Земли и связанных с ним физических явлений. Каждый год вписывает в историю освоения космического пространства новые страницы. Членам астрономического кружка можно поручить оформить специальный стенд «Достижения СССР в освоении космоса».

Графическое и художественное оформление такого стенда может быть разным: в простейшем случае это летопись запусков спутников и ракет, производимых в нашей стране. Более привлекательным будет стенд, на котором не только перечислены запуски, но и помещены рисунки и фотографии (общий вид космических аппаратов, портреты космонавтов и т. д.). На стенде нужно предусмотреть место для новых сообщений.

3. На данном уроке отметим следующие важнейшие результаты, полученные с ИСЗ и космическими ракетами:

а) Фотографирование обратной стороны Луны с борта АМС космической ракеты «Луна-3». Используя таблицы или диафильмы, показываем общий вид АМС, ее орбиту, одну из фотографий обратной стороны Луны. На второй таблице «Космические полеты» хорошо видно, что при полете к Луне траектория движения АМС под воздействием Луны сильно изменилась и АМС стала двигаться по новой эллиптической орбите с апогеем, удаленным от центра Земли на 480 000 км, и перигеем, удаленным на расстояние 47 500 км.

б) Открытие плазменного пояса (или зоны) радиации вокруг Земли. Радиационный пояс в основном состоит из протонов и электронов, захваченных магнитным полем Земли (таблица «Космические полеты»). Радиационный пояс расположен в очень большой области геомагнитного поля, простирающейся по широте до $\pm 65^\circ$, а по высоте до 10 земных радиусов в плоскости экватора. Несмотря на то, что общая масса частиц высоких энергий, захваченных геомагнитной ловушкой, не превышает 1 кг, частицы радиационного пояса представляют значительную опасность для космических полетов¹.

в) Доказательство отсутствия у Луны магнитного поля.

г) Обнаружение в межпланетном пространстве «солнечного ветра», т. е. потоков ионизированного газа (корпускулярных потоков, идущих от Солнца и вызывающих разнообразные явления на Земле).

д) Доказательство возможности длительного пребывания человека в космическом пространстве (многосуточные полеты советских космонавтов) и выхода человека из космического корабля.

е) Установление радиосвязи с автоматическими межпланетными станциями, находящимися от Земли на расстояниях десятков и даже сотен миллионов километров.

ж) Установление двусторонней радиосвязи между космическими кораблями (полеты Николаева и Поповича, Быковского и Терешковой).

з) Передача телевизионных изображений с борта космического корабля.

¹ Подробнее об этом см. Г. А. Скуридин и др. «Солнечный ветер, магнитосфера и радиационный пояс Земли», «Земля и Вселенная», 1965, № 3, 4.

Значение успешных запусков советских спутников и ракет не исчерпывается перечисленными научными результатами. Особо отмечаем:

Успехи СССР в освоении космического пространства продемонстрировали всему миру могущество нашей Родины, имеющей передовую науку и технику. Запуск кораблей-спутников и космических ракет немыслим без первоклассной ракетной техники, совершенной радиотелеметрической аппаратуры, быстродействующих счетно-решающих устройств, передовой металлургической и химической промышленности, высокоразвитой медицины и т. д. Запуски спутников и ракет явились итогом координированной и хорошо слаженной работы разнообразных научно-исследовательских институтов, лабораторий, конструкторских бюро. В замечательных космических кораблях воплощен коллективный труд многих рабочих, техников, инженеров и ученых. Поэтому полеты советских космонавтов являются подвигом всего советского народа, а успехи нашей страны в освоении космического пространства свидетельствуют о том, что в настоящее время Советский Союз является страной передовой науки и техники.

Достижения СССР в освоении космического пространства имеют огромное значение для предотвращения термоядерной войны. Советское правительство неоднократно подчеркивало мирный характер полетов наших космонавтов и задач, которые решаются с помощью запусков ИСЗ и космических ракет. При этом поджигатели новой войны предупреждены, что, если им удастся ее развязать, вся мощь советской ракетной техники будет использована для нанесения сокрушительного удара агрессорам. Космические полеты демонстрируют перед всем миром достижения советского народа, уверенно строящего коммунизм.

Запуск спутников и ракет имеет важное философское значение. Впервые в космосе появились «небесные тела», созданные человеком, умело использовавшим познанные закономерности природы. Создание искусственных спутников Земли и Солнца означает начало космической эры в истории человечества. Начало космической эры символизирует не только проникновение в космос кибернетических устройств и кораблей, пилотируемых людьми. Оно знаменует качественно новый этап в развитии всей человеческой науки и культуры. Никакая фантазия не способна предвосхитить необозримые возможности, открывающиеся перед человеком, который сегодня впервые шагнул в космос, а завтра, познав новые закономерности и открыв новые виды энергии, обретет невиданную ранее власть над природой.

Важное атеистическое значение имеет тот факт, что в небесное пространство, веками считавшееся подвластным богу, первыми проникли коммунисты, которым чужда вера в бога и какие-либо сверхъестественные силы природы. Рассказывая в разных странах о своем полете, космонавт-2 Г. С. Титов заметил следующее: «То, что на не-

бе — святая святых всех религий, в обиталище бога — побывали люди, обычные жители Земли, производит потрясающее впечатление на верующих, ни одного из них не оставляет равнодушным, заставляет глубоко задуматься над своими взглядами и убеждениями. И многих верующих поражает, что бог никак не проявил себя в ответ на то, что простые смертные вторглись в его владения, не выразил своего гнева, не свергнул смельчаков на Землю»¹.

4. Уже сейчас возможно представить важнейшие направления развития космических исследований ближайших 10—20 лет:

а) Использование системы искусственных спутников Земли для осуществления различных «космических служб», например: службы погоды, службы всемирной телевизионной ретрансляции, службы спутников геодезического и геологического назначения, службы навигационных спутников и т. д.

б) Постройка обитаемых околоземных космических обсерваторий.

в) Создание искусственных спутников Луны.

г) Осуществление мягкой посадки кибернетических устройств на Луну, Марс и Венеру.

д) Первые полеты человека к Луне и, быть может, к ближайшим планетам.

В связи с изучением вопросов космонавтики желательно провести экскурсии на имеющиеся во многих городах станции визуальных наблюдений ИСЗ и в планетарии. В Москве, кроме того, объектом экскурсии могут быть павильон ВДНХ «Космос» и Политехнический музей.

Задание на дом: § 20; повторить § 3—6.

Вопросы для повторения темы «Развитие представлений о Земле и Солнечной системе»

1. В чем заключается сущность и революционное значение открытия Коперника?
2. Какие открытия сделал Галилей со своим телескопом?
3. В чем заключается развитие Бруно учения Коперника?
4. Чем объясняется видимое петлеобразное движение планет?
5. Чему равен средний радиус Земли?
6. Каковы доказательства вращения Земли вокруг оси?
7. Какое явление доказывает годовичное обращение Земли?
8. Почему при определении расстояний до звезд нельзя использовать горизонтальный параллакс?
9. В чем состоит уточнение Ньютоном законов Кеплера?

¹ Г. С. Т и т о в, Победы в космосе — оружие против религии, «Наука и религия», 1964, № 1.

10. Как был открыт Нептун?
 11. С какой целью осуществляются запуски ИСЗ и космических ракет?
 12. Каковы основные достижения Советского Союза в освоении космического пространства?
 13. Когда были совершены полеты первых советских космонавтов?
 14. Каковы основные результаты запуска ИСЗ и космических ракет?
- Учащиеся должны уметь:*
1. Формулировать законы Кеплера.
 2. Формулировать закон всемирного тяготения.
 3. Решать простейшие задачи на применение законов Кеплера и закона всемирного тяготения.
 4. Вычислять расстояния до планет и звезд по данному параллаксу.

Г л а в а VI.

• ОСНОВНЫЕ ПРАКТИЧЕСКИЕ ПРИМЕНЕНИЯ АСТРОНОМИИ И МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ СВЕТИЛ

Примерное планирование темы:

1. Определение положений светил по их горизонтальным и экваториальным координатам.
2. Связь высоты полюса мира с географической широтой места.
3. Видимое годовое движение Солнца и его объяснение.
4. Измерение времени. Истинное и среднее солнечное время.
5. Системы счета среднего солнечного времени.
6. Календарь. Обзор основных практических применений астрономии.
7. Телескоп и фотография.
8. Понятие о спектральном анализе и радиоастрономии.

Урок II

Проверочная работа № 2 (15 мин)

В а р и а н т 1

1. На каком расстоянии от Земли (в астрономических единицах) находился Юпитер, когда его горизонтальный параллакс был $1''$, 47?
2. С какой целью осуществляются в нашей стране запуски ИСЗ и космических ракет?

В а р и а н т 2

1. Проверить третий закон Кеплера для Земли и Нептуна ($a = 30, 07 \text{ а. е.}$ и $P = 164,8$ года).

2. Почему при определении расстояний до звезд нельзя использовать горизонтальный параллакс?

В а р и а н т 3

1. Годичный параллакс Альтаира $0'',20$. Выразить расстояние до этой звезды в парсеках, световых годах и астрономических единицах.

2. Что такое «космические скорости»?

В а р и а н т 4

1. Найти расстояние до Луны и ее линейный радиус, считая, что горизонтальный параллакс Луны $57'$, а ее угловой диаметр $31'$.

2. Каковы доказательства вращения Земли вокруг оси и обращения вокруг Солнца?

В а р и а н т 5

1. За какой промежуток времени обращалась бы вокруг Солнца планета, находящаяся на расстоянии 100 а. е. ?

2. Каковы наиболее важные открытия, сделанные с ИСЗ и космическими ракетами?

Тема: Определение положений светил по их горизонтальным и экваториальным координатам

Ц е л ь у р о к а: объяснить горизонтальные и экваториальные координаты.

Н а г л я д н ы е п о с о б и я: школьный теодолит, модель небесной сферы, демонстрационная подвижная карта звездного неба, географические карты Арктики и Антарктики, диафильм «Звездное небо».

П л а н у р о к а

1. Горизонтальные координаты.

2. Экваториальные координаты.

1. Для большей наглядности можно пояснить принцип измерения горизонтальных координат на одной из ламп в классе. Устанавливаем школьный теодолит так, чтобы указатель горизонтального круга условно показывал 0° при расположении трубы в плоскости меридиана¹. Наводим трубу теодолита на лампу. Указатель вертикального круга показывает угловое удаление лампы от горизонта, т. е. ее «высоту» h , измеряемую в градусах. Указатель горизонтального круга показывает угловое удаление лампы от меридиана, т. е. ее «азимут» A , также измеряемый в градусах.

¹ Направление полуденной линии в классе достаточно приближенно определить по компасу.

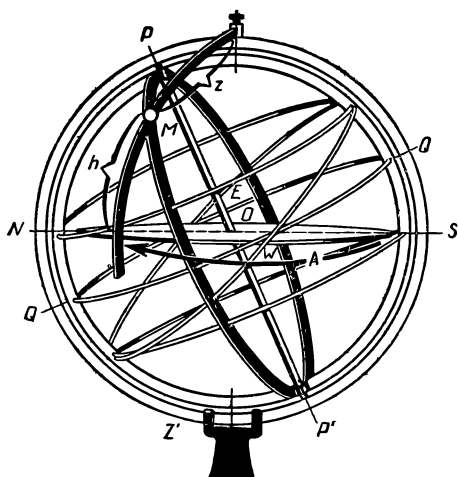


Рис. 71. К объяснению горизонтальных координат.

На модели небесной сферы горизонтальные координаты (рис. 71) показываются с помощью круга высоты, вращающегося на подвижном рейтере. Круг высоты должен проходить через «насадку-звезду» M . Оцениваем по модели горизонтальные координаты h , z , A «звезды», а затем, вращая сферу по часовой стрелке, показываем изменение h , z , A «звезды» в течение суток. Отмечаем высоту светила в кульминациях, а также в точках восхода и захода и горизонтальные координаты основных точек горизонта:

$$S (h = 0^\circ, z = 90^\circ, A = 0^\circ); W (h = 0^\circ, z = 90^\circ, A = 90^\circ);$$

$$N (h = 0^\circ, z = 90^\circ, A = 180^\circ); E (h = 0^\circ, z = 90^\circ, A = 270^\circ).$$

Затем устанавливаем демонстрационную подвижную карту на заданный момент времени и определяем горизонтальные координаты какой-нибудь яркой звезды. Для этого нитку, идущую от зенита (круг высоты), проводим через данную звезду. Азимут отсчитываем по линии выреза накладного круга от точки юга к западу. Для определения высоты светила вспоминаем, что угловое расстояние зенита от горизонта равно 90° . Далее, оцениваем, примерно какую часть всего круга высоты (от зенита до горизонта) составляет отрезок круга высоты от горизонта до светила. Если, например, эта часть равна $\frac{1}{3}$, то высота светила 30° . Быстрее и точнее можно определить горизонтальные координаты по подвижной карте, снабженной специальной сеткой.

2. Экваториальные координаты вводим (§ 21) по аналогии с географическими. Рядом с демонстрационной подвижной картой звездного неба желательно повесить карту Арктики или Антарктики, где особенно хорошо заметна аналогия земных и небесных параллелей, земных меридианов и кругов склонения. С расположением небесного экватора на карте звездного неба учащиеся уже знакомы. От небесного экватора отсчитываются склонения светил.

На Земле долготы отсчитываются от нулевого (начального) меридиана, проходящего через Гринвичскую обсерваторию. Коор-

Задание на дом: 1) § 21—23.

2) Определить по карте экваториальные координаты Веги, Сириуса и Арктура; приближенно найти горизонтальные координаты этих же звезд в 23 ч 1 и 15 октября.

3)* По экваториальным координатам Марса, имеющимся в «Школьном астрономическом календаре», изобразить на кальке, наложенной на карту звездного неба, видимый путь планеты.

Урок 12

Для проверки усвоения материала прошлого урока можно предложить классу задание: по экваториальным координатам Марса (на данный день), взятым из «Школьного астрономического календаря», определить по карте приближенные значения горизонтальных координат Марса и условия видимости его в 22 ч указанного дня. Эта работа выполняется под наблюдением учителя. Результаты работы докладывает ученик, вызванный к демонстрационной подвижной карте.

Тема: Связь высоты полюса мира с географической широтой места

Ц е л ь у р о к а: установить важную для практики теорему о высоте полюса мира и познакомить учащихся с особенностями суточного вращения небесной сферы на разных географических широтах.

Н а г л я д н ы е п о с о б и я: прибор для демонстрации связи линий небесной сферы и Земли, модель небесной сферы, школьный теодолит, демонстрационная подвижная карта звездного неба.

П л а н у р о к а:

1. Высота полюса и географическая широта.
2. Суточное вращение светил на средних широтах.
3. Формулы для высот светил в кульминациях.
4. Суточное вращение светил на экваторе Земли.
5. Суточное вращение светил на полюсе Земли.

1. Если соотношение между кругами на поверхности Земли и небесной сферы усвоено учащимися хорошо, то доказательство равенства высоты полюса географической широте ($h_p = \varphi$), основанное на рассмотрении рисунка 40 учебника, не вызывает затруднений (§ 24). Поскольку Полярная звезда находится вблизи Северного полюса мира, то, измеряя ее высоту, можно приближенно определить широту места наблюдения, что имеет важное практическое значение. Зависимость высоты полюса от географической широты демонстрируем на уже знакомом учащимся приборе (стр. 57.)

2. Обратимся к модели небесной сферы, установленной для средней широты. Отмечаем, что угол между плоскостями экватора и горизонта равен разности ($90^\circ - \varphi$). Далее, вращая модель не-

бесной сферы, убеждаемся, что звезды, склонение которых $\delta \gg (90^\circ - \varphi)$, являются незаходящими на данной широте.

3. Если светило кульминирует над точкой юга, то его высота $h_1 = (90^\circ - \varphi) + \delta$, а зенитное расстояние $z_1 = \varphi - \delta$. Если же оно кульминирует к северу от зенита, то $h_1 = (90^\circ - \delta) + \varphi$ и $z_1 = \delta - \varphi$.

Эти соотношения получаются из рассмотрения рисунка 43 учебника или непосредственно модели небесной сферы. Учащимся можно предложить самостоятельно убедиться, что высота светила в нижней кульминации

$$h_2 = \delta - (90^\circ - \varphi), \text{ а } z_2 = 180^\circ - (\varphi + \delta),$$

или

$$z_2 = (90^\circ - \varphi) + (90^\circ - \delta).$$

Значение указанных формул состоит в том, что из них:

а) по известным φ и δ можно заранее предвычислять высоту (или зенитное расстояние) светила в кульминации, а потом, наблюдая прохождения светил через меридиан, практически проверить полученный результат;

б) по измеренной высоте h (или z) и известному склонению δ можно вычислить географическую широту;

в) по измеренной высоте h (или z) и известной широте φ можно вычислить склонение δ .

4. Установим модель небесной сферы так, чтобы плоскость небесного экватора была перпендикулярна к плоскости горизонта. Очевидно, такое расположение имеет место на экваторе Земли ($\varphi = 0^\circ$). Вращая сферу, выясняем особенности суточного вращения светил на экваторе Земли (§ 24). Для этого, укрепив «насадку-звезду» на любом круге склонения и вращая сферу по часовой стрелке, убеждаемся, что на экваторе Земли все без исключения светила восходят, поднимаясь перпендикулярно к горизонту, и также круто заходят под горизонт. На доске выполняем соответствующий чертеж (рис. 42, б учебника).

5. Устанавливаем модель небесной сферы для полюса Земли. Поскольку $\varphi = 90^\circ$ и $90^\circ - \varphi = 0^\circ$, то плоскости небесного экватора и истинного горизонта совпадают. Здесь теряют смысл понятия меридиана и кульминаций (§ 24). Помещаем «насадку-звезду» на любой круг склонения. Вращая модель, убеждаемся, что звезды северного полушария не заходят за горизонт и совершают свой суточный путь на высоте $h = \delta$. Аналогичным образом обнаруживаем, что звезды южного полушария не поднимаются над горизонтом. Предлагаем учащимся самостоятельно выполнить чертеж (рис. 42, в учебника).

Задание на дом; § 24, 25; упр. 5.

Урок 13

Тема: Видимое годовое движение Солнца и его объяснение

Цель урока: дать понятие о движении Солнца по эклип- тике, являющемся отражением движения Земли вокруг Солнца¹.

Наглядные пособия: теллурий или прибор Кандаурова, модель небесной сферы, карта экваториальной области неба, демонстраци- онная подвижная карта звездного неба.

П л а н у р о к а:

1. Изменение склонения и прямого восхождения Солнца на протяжении года.

2. Эклиптика и зодиак.

3. Обращение Земли вокруг Солнца и его следствия.

4. Понятие об изменении суточного пути Солнца на разных широтах.

1. Напоминая известный факт изменения полуденной высоты Солнца, приводим конкретные данные полуденной высоты Солнца 21 марта, 22 июня, 23 сентября и 22 декабря для своей местности (для Москвы выписаны во втором столбце таблицы).

Высота Солнца в момент верхней кульминации $h = (90^\circ - \varphi) + \delta$. Отсюда, зная h и φ , определяем δ и устанавливаем, что скло- нение Солнца в течение года изменяется от $-23^\circ,5$ до $+23^\circ,5$. Чтобы убедиться в изменении прямого восхождения Солнца, уста- навливаем демонстрационную подвижную карту звездного неба на 24 ч данной даты. Обращаем внимание на звезды, кульминирующие в это время. Они находятся в стороне неба, противоположной той, в которой Солнце было сегодня в полдень. Установив карту на полночь даты, отстоящей от данной на 2—3 месяца, видим, что теперь уже другие звезды кульминируют в полночь, а звезды, прежде кульминировавшие в это время, сместились к западу. Значит, Солнце переместилось на фоне звезд в направлении, противо- положном направлению вращения небесной сферы. Следовательно, в течение года непрерывно меняется не только склонение, но и прямое восхождение Солнца.

Дата	Полуденная высота Солнца $\varphi=56^\circ$	Склонение Солнца $\delta=h+\varphi-90^\circ$	Прямое восхождение Солнца
21 марта	34°	0°	0 ^ч
22 июня	57,5	+23,5	6
23 сентября	34	0	12
22 декабря	10,5	-23,5	18
21 марта	34	0	24 (0 ^ч)

¹ См. замечание, относящееся к этому уроку на странице 43.

Особенно наглядно годовое движение Солнца на фоне звезд может быть продемонстрировано с аппаратом планетарий, использование которого при объяснении данной темы крайне желательно.

2. По данным таблицы определяем годовой путь Солнца на фоне звезд. Обнаруживаем, что на карте уже есть линия (эклиптика), проходящая через найденные точки. На модели небесной сферы показываем расположение эклиптики относительно небесного экватора. Затем вводим понятие точек равноденствий и солнцестояний (§ 26), отметив, что точкой весеннего равноденствия называется та из двух точек пересечения экватора и эклиптики, в которой Солнце пересекает небесный экватор, переходя из южного полушария в северное. Для демонстрации видимого годового движения Солнца по эклиптике на модели небесной сферы устанавливаем модель на произвольную географическую широту и, не вращая сферу, демонстрируем перемещение по эклиптике «насадки-Солнца».

Далее показываем на карте (подвижной или на карте экваториальной части неба) зодиакальные созвездия, через которые проходит эклиптика.

Наличие эклиптики на подвижной карте позволяет легко определить положение Солнца на фоне звезд в любой день года: достаточно мысленно соединить Северный полюс мира с датой наблюдения (круг склонения Солнца) и найти точку пересечения круга склонения Солнца с эклиптикой. Положение Солнца можно отметить «указателем Солнца». Вращая карту и наблюдая за положением «указателя», определяем места и моменты восхода, кульминаций и захода Солнца. «Указатели Солнца» учащимся следует сделать и на своих картах.

3. Обращаясь к теллурию или прибору Кандаурова, рассматриваем особенности обращения Земли вокруг Солнца. Подчеркиваем, что, поскольку годовое видимое движение Солнца является отражением обращения Земли вокруг Солнца, плоскости орбиты Земли и эклиптики совпадают. Плоскость земного экватора наклонена к плоскости земной орбиты под углом $23^{\circ}27'$. Поэтому и угол между плоскостями небесного экватора и эклиптики имеет такую же величину.

Рассматривая на теллурии условия освещения Земли Солнцем в дни равноденствий и солнцестояний, даем представление о смене времен года, показывая, что при движении глобуса теллурия «ось Земли» в пространстве перемещается параллельно самой себе.

В курсе обществоведения учащиеся разъясняют, что каждое явление имеет свою причину, по отношению к которой оно выступает следствием, и, в свою очередь, служит причиной других явлений. При обращении Земли вокруг Солнца угол наклона оси Земли к плоскости ее орбиты остается неизменным, и вследствие этого меняются условия освещенности различных областей Земли Солнцем. Это, в свою очередь, приводит к тем сезонным явлениям,

которые обычно сопровождают наступление зимы, весны, лета, осени. Выясняя причину данного явления, нужно отвлечься от того, что не играет существенной роли. Например, при объяснении смены времен года можно пренебречь эллиптичностью земной орбиты и связанными с ней изменениями расстояния Земли от Солнца в течение года (Земля бывает в перигелии в январе месяце). Но если мы захотим изучить данное явление (смену времен года) более детально, то мы должны обратить внимание на объяснение тех явлений, которыми мы раньше пренебрегали. Так, продолжительность четырех времен года из-за эллиптичности земной орбиты и неравномерности движения Земли вокруг Солнца не совсем одинакова. Наблюдения показывают, что одну половину эклиптики, лежащую в северном полушарии, Солнце проходит от 21 марта до 23 сентября за 186 суток, а другую — от 23 сентября до 21 марта за 179—180 суток. Значит, в видимом годичном движении Солнца находит свое отражение неравномерность обращения Земли вокруг Солнца. Кроме того, вследствие эллиптичности земной орбиты несколько ослабляются морозы и летний зной в нашем полушарии.

4. Астрономические признаки годового движения Солнца (изменение мест восхода и захода Солнца, изменение суточного пути Солнца над горизонтом, изменение полуденной высоты Солнца) имеют свои особенности на различных географических широтах. Достаточно, используя модель небесной сферы, пояснить это на примере изменения суточного пути Солнца на экваторе и полюсе Земли. Разбор вопросов проводим при активном участии всего класса. Можно предложить следующие небольшие задания:

- а) установить модель небесной сферы на широту экватора (полюса) Земли;
- б) поставить «насадку-Солнце» в точку весеннего равноденствия;
- в) определить, сколько времени Солнце будет находиться над горизонтом;
- г) определить, на какой примерно высоте Солнце кульминирует в день весеннего равноденствия и т. д.

В процессе выполнения этих заданий выясняем, что, например, на экваторе Солнце 21 марта и 23 сентября кульминирует в зените, а 22 июня и 22 декабря оно имеет свою наименьшую полуденную высоту ($66^{\circ},5$), причем 22 июня оно кульминирует к северу от зенита, а 22 декабря — к югу от зенита.

Задание на дом: 1) § 26—28; упр. 6.

- 2) По подвижной карте звездного неба приближенно определить для 1 ноября:
 - а) моменты и азимуты мест восхода и захода Солнца;
 - б) полуденную высоту Солнца;
 - в) продолжительность дня и ночи.

Урок 14

Проверочная работа № 3 (15 мин)

В а р и а н т 1

1) Определить по звездной карте экваториальные координаты звезды β Большой Медведицы.

2) Анализируя формулу $h = 90^\circ - \varphi + \delta$, определить географические широты, на которых Солнце может кульминировать в зените.

В а р и а н т 2

1) Каковы приближенные горизонтальные координаты Веги сегодня в 22 ч?

2) Вычислить первую космическую скорость для спутника Луны, движущегося вблизи ее поверхности.

В а р и а н т 3

1) Можно ли на широте Москвы наблюдать обе кульминации Денеба?

2) Когда и в каком незодиакальном созвездии бывает Солнце?

В а р и а н т 4

1) Координаты яркой звезды: $\alpha = 13^{\text{ч}}20^{\text{м}}$ и $\delta = -10^\circ33'$. Что это за звезда?

2) Почему, говоря о верхней кульминации звезды, следует уточнять, к северу или к югу от зенита происходит кульминация?

В а р и а н т 5

1) Широта местности 60° . Каковы в этой местности высота и зенитное расстояние точки пересечения небесного меридиана с небесным экватором?

2) Равномерно ли движется искусственный спутник Земли по эллиптической орбите?

При выполнении проверочной работы учащиеся могут пользоваться звездной картой (или атласом) и учебником астрономии.

Тема: Измерение времени. Истинное и среднее солнечное время

Цель урока: дать понятие о солнечном времени.

Наглядные пособия: модель небесной сферы, школьный теодолит, самодельные солнечные часы, переносный гномон, демонстрационная подвижная карта звездного неба, «ШАК».

П л а н у р о к а:

1. Часовые углы светил.
2. Истинные солнечные сутки.
3. Истинное солнечное время.
4. Средние солнечные сутки и среднее солнечное время.
5. Уравнение времени.

Предварительные замечания. Темы данного и двух следующих уроков важны для понимания практического значения астрономии. Знание точного времени необходимо для организации и планирования производства, нормальной работы транспорта, определения географической долготы, исследования разнообразных физических, химических и биологических процессов и т. д.

Процессы, происходящие во Вселенной, неотделимы от времени, в котором они протекают. Время является одной из основных объективных форм существования материи. Основой измерения времени служит движение материи: любой периодический процесс можно применить для измерения времени. Не замечая вращения Земли вокруг оси, мы можем судить о нем по наблюдению суточного вращения небесной сферы.

1. На данном уроке расширяются знания учащихся о координатах, поскольку основной вопрос практической астрономии — измерение времени — рассматривается на основе понятия о часовых углах светил. Демонстрируя модель небесной сферы с «всадкой-звездой», напоминая, что экваториальные координаты светил α и δ в течение суток не изменяются. Замечаем, что в течение суток непрерывно изменяется угловое расстояние звезд от небесного меридиана, причем удаление звезды от меридиана пропорционально времени, протекшему от момента кульминации. Далее, следуя § 29, вводим понятие часового угла светила. Предлагаем учащимся на накладных кругах своих карт около отметок местного времени проставить часовые углы, как это сделано, например, на подвижной карте А. Д. Могилко. В качестве упражнения приближенно определяем по карте часовые углы какой-нибудь звезды в момент ее восхода, захода и обеих кульминаций. Часовые углы при работе с моделью небесной сферы можно отсчитывать по делениям, нанесенным на небесном экваторе.

Если школьный теодолит установить в плоскости меридиана, наклонить азимутальный лимб под углом $90^\circ - \varphi$ и навести трубку на светило, то отсчеты вертикального и азимутального лимба можно рассматривать как приближенное значение склонения и часового угла светил. Сказанное не следует рассматривать как способ практического измерения δ и t , поскольку это лишь возможный методический прием, облегчающий учащимся усвоение сущности экваториальных координат.

2. Изложение материала о солнечных сутках начинаем со знакомого учащимся видимого суточного движения Солнца. Устанавливаем модель небесной сферы на широту своей местности. По экваториальным координатам Солнца на данный день («Школьный астрономический календарь») примерно укрепляем «насадку-Солнце» на эклиптике. Вращая модель, фиксируем внимание учащихся на моментах двух последовательных верхних кульминаций центра Солнца. На основе этой демонстрации вводим понятие истинных солнечных суток (§ 29). Сообщаем, что продолжительность истин-

ных солнечных суток в течение года меняется. В качестве причины этого явления достаточно указать на неравномерность движения Солнца по эклиптике.

3. Показываем на модели небесной сферы верхнюю кульминацию Солнца. Вращая модель, замечаем, что с течением времени Солнце все дальше отходит от небесного меридиана, т. е. его часовой угол увеличивается. За начало солнечных суток можно принять полдень ($t_0 = 0^h$) или, как это и делается, полночь ($t_0 = 12^h$). Поскольку учащиеся уже умеют определять по карте часовые углы светила, а также могут найти для любого дня года положение Солнца на эклиптике, можно предложить им задачу типа: каково истинное солнечное время (т. е. часовой угол Солнца) в момент нижней кульминации Веги 5 октября?

Практически истинное солнечное время можно определить по солнечным часам, которые желательно показать учащимся. Если известно направление полуденной линии, то момент истинного полдня легко определяется по гномону.

4. Для устранения неудобств, связанных с непостоянной продолжительностью истинных солнечных суток, вместо истинного Солнца вводится «среднее солнце». «Среднее солнце» можно изобразить в виде насадки, укрепленной на экваторе модели небесной сферы (рис. 73). «Среднее солнце» равномерно движется по экватору в сторону возрастания прямых восхождений, совершая полный оборот в течение года. Поэтому величина средних суток постоянна и равна средней продолжительности за год истинных солнечных суток. В момент верхней кульминации «среднего солнца» его часовой угол равен 0^h , а среднее время, отсчитываемое от полуночи, будет $t_m = 12^h$ (средний полдень).

5. Величина расхождения между истинными и средними солнечными сутками меняется в течение года. Связь между истинным и средним солнечным временем можно представить в виде:

$$t_m = t_0 + \eta,$$

где t_m — среднее солнечное время, t_0 — истинное солнечное время, η — «уравнение времени» (§ 29). Числовые значения уравнения

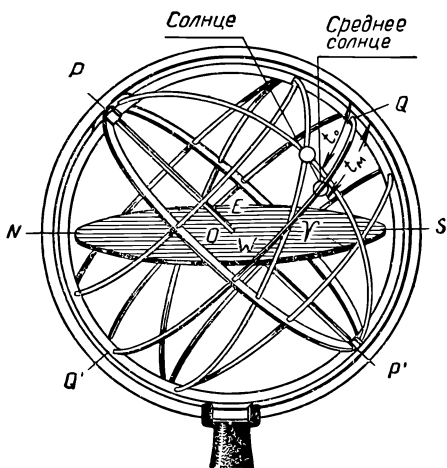


Рис. 73. К объяснению истинного и среднего солнечного времени.

времени берем из графика (рис. 49 учебника) или из таблицы, имеющейся в «Школьном астрономическом календаре». В заключение отметим, что в повседневной жизни, а также в науке и технике время измеряется средними солнечными сутками. До 1960 г. секунда определялась как $\frac{1}{86400}$ часть средних солнечных суток.

В Международной системе единиц СИ секунда определяется как $\frac{1}{31556925,9747}$ часть тропического года (для момента начала 1900 г.).

Указание на определенный год вызвано тем, что продолжительность тропического года, строго говоря, не является постоянной: продолжительность тропического года очень медленно изменяется и в нашу эпоху уменьшается на 0,5 сек в столетие.

Задание на дом: 1) § 29.

2) Каково примерно истинное солнечное время в момент восхода Альтаира 20 сентября?

3)* Руководствуясь приложением VII к учебнику, изготовить солнечные часы (экваториальные или горизонтальные).

Урок 15

Проверочная работа № 4 (15 мин)

В а р и а н т 1

1) 25 октября солнечные часы показывали 13^ч 40^м. Каково среднее солнечное время в указанный момент?

2) Какова примерно полуденная высота Солнца сегодня?

В а р и а н т 2

1) Определить по графику изменения уравнения времени максимальное расхождение между средним и истинным солнечным временем.

2) Найти часовые углы Альтаира в моменты восхода, захода и в обеих кульминациях.

В а р и а н т 3

1) Определить экваториальные координаты Солнца сегодня. В каком зодиакальном созвездии находится Солнце?

2) В какие дни года среднее солнечное время совпадает с истинным?

В а р и а н т 4

1) Определить приближенно продолжительность дня и ночи сегодня.

2) Какое время года (лето или зима) продолжительнее в северном полушарии Земли? Почему?

В а р и а н т 5

1) Вычислить наибольшую и наименьшую полуденную высоту Солнца в Киеве.

2) Каково истинное солнечное время 29 ноября в 17^ч 45^м среднего солнечного времени?

При выполнении проверочной работы учащиеся могут пользоваться подвижной картой, учебником, «Школьным астрономическим календарем».

Тема: Системы счета среднего солнечного времени

Цель урока: разъяснить применяемый на практике счет времени и связь времени с географической долготой.

Наглядные пособия: теллурий, таблицы: «Поясное время», «Практическое применение астрономии», диапозитивы (местное время в пределах СССР, местное время и долгота, часовые пояса СССР).

П л а н у р о к а:

1. Местное время и определение географической долготы.
2. Поясное и декретное время.
3. Понятие о службе времени.

1. Указатель солнечных лучей и циферблат теллурия позволяют легко найти на глобусе меридиан, на котором в данный момент полдень. В этот же физический момент на любом другом меридиане иное время. Вращая глобус против часовой стрелки, проследим изменение времени на выбранных географических меридианах.

Среднее солнечное время данного географического меридиана называется средним местным временем (t_m). Местное время Гринвичского меридиана называют мировым или всемирным временем (T_0). Если известна долгота данного места (λ) и мировое время в данный момент, то местное время вычисляется по формуле: $t_m = T_0 + \lambda$.

Выберем на глобусе теллурия две точки, лежащие на разных меридианах, и сравним их местные времена. Если точка A лежит восточнее B , то Солнце будет проходить через меридиан этой точки раньше, чем через меридиан точки B . Значит, местное время пункта B меньше, чем пункта A , на время, за которое Земля повернется на двугранный угол между меридианами пунктов A и B . Поскольку указанный двугранный угол равен разности географических долгот, приходим к выводу: разность местных времен равна разности долгот, т. е.

$$t_{m_2} - t_{m_1} = \lambda_2 - \lambda_1.$$

Этот же результат может быть получен из рассмотрения рисунка 51 учебника.

Если определить из астрономических наблюдений местное время своего пункта и принять по радио сигналы точного местного

времени пункта с известными координатами, то из формулы можно вычислить географическую долготу места наблюдения.

2. Исходя из неудобства местного счета времени для гражданского обихода, вводим понятие поясного времени (§ 30). Отмечаем, что времена различных поясов отличаются на целое число часов, равное разности их номеров, а минуты и секунды в данный момент для всей Земли одинаковы. Поскольку нулевой пояс имеет своим средним меридианом Гринвичский, поясное время (T_n) вычисляется по формуле:

$$T_n = T_0 + n,$$

где T_0 — мировое время, n — номер пояса, прибавляемый к числу часов мирового времени. Формулы для местного и поясного времени легко связать соотношением:

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

где T_n — поясное время, t_m — местное время, λ — долгота места наблюдения, n — номер пояса, $(\lambda - n)$ — величина постоянная для данного места. Например, для Москвы $\lambda - n \approx 30,5$ мин. Почти всегда номер пояса может быть определен по долготе места. Например, долгота Владивостока 8 ч $47,7$ мин. Значит, этот город находится в IX часовом поясе. Однако существуют исключения, например, Москва относится ко второму часовому поясу, хотя формально (долгота Москвы примерно 2 ч $30,5$ мин) этот город можно было бы отнести к третьему поясу. Поэтому даже при известной долготе необходимо посмотреть в таблицу (приложение V к учебнику) или на карту часовых поясов (рис. 50 учебника).

Далее сообщаем о декретном времени ($T_d = T_n + 1^ч$) с оговоркой, что в некоторых областях СССР существуют отклонения от декретного времени. Переход от поясного времени к декретному не вызывает затруднения у учащихся.

«Московское время» (декретное время Москвы) является единым железнодорожным («красная стрелка») и телеграфным временем.

3. Используя таблицу «Практические применения астрономии», даем первоначальное представление о службе времени и ее задачах (§ 30). Напоминаем, что самый простой способ проверки часов — прием радиосигналов времени. Учащиеся должны знать, что момент подачи последней (шестой) «точки» совпадает с началом нового часа. Если в момент передачи сигналов точного времени в 13 ч наши часы показывали 13 ч 1 мин 10 сек, то поправка часов составляет — 1 мин 10 сек. Если во время подачи семичасового вечернего сигнала наши часы показывали $18^ч58^м32^с$, то их поправка равна $+1^м28^с$. Величина поправки (с ее знаком) придается ко всем моментам времени, отсчитываемым по данным часам. При этом стрелки часов не переводятся, а лишь записываются в особом

журнале поправки часов. Суточный ход часов можно найти как разность поправок, найденных в одно и то же время в следующие друг за другом сутки. Для школьных астрономических наблюдений пригодны часы с примерно постоянным ходом (даже если поправка часов достигает 2—3 мин).

Для внеклассного чтения учащихся можно рекомендовать книгу Ф. С. Завельского «Время и его измерение» (Физматгиз, 1961), в которой подробно описываются способы измерения и хранения времени на разных этапах истории развития цивилизации на Земле.

Задание на дом: § 30, 31; упр. 7 (1, 3, 5).

Урок 16

Если с заданными на дом задачами учащиеся справились, то в качестве более трудной задачи, позволяющей повторить основные вопросы изучаемой темы, можно предложить следующую:

13 октября в г. Москве в момент, когда солнечные часы показывали $10^{\text{ч}} 43^{\text{м}}$, тщательно проверенные наручные часы показывали $11^{\text{ч}} 02^{\text{м}}$. Точными ли были солнечные часы?

Прежде всего нужно вычислить момент московского времени, соответствующий показанию солнечных часов. Для этого воспользуемся известными формулами:

$$\begin{array}{l|l}
 T_{\text{д}} = 11^{\text{ч}} 02^{\text{м}} & t_{\text{м}} = t_0 + \eta; T_{\text{н}} = t_{\text{м}} - (\lambda - n). \\
 t_0 = 10^{\text{ч}} 43^{\text{м}} & T_{\text{д}} = T_{\text{н}} + 1^{\text{ч}}. \\
 \eta = -14^{\text{м}} & T_{\text{д}} = t_0 + \eta - (\lambda - n) + 1^{\text{ч}}. \\
 \lambda = 2^{\text{ч}} 30^{\text{м}} & T_{\text{д}} = 10^{\text{ч}} 43^{\text{м}} - 14^{\text{м}} - (2^{\text{ч}} 30^{\text{м}} - 2) + 1^{\text{ч}} = 10^{\text{ч}} 59^{\text{м}}. \\
 n = 2 & T_{\text{д}} = 10^{\text{ч}} 59^{\text{м}} \\
 \hline
 u = ? &
 \end{array}$$

Часы проверяются сравнением с точными, в качестве которых в данной задаче используются наручные часы:

$$u = T_{\text{д}}^1 - T_{\text{д}} = 11^{\text{ч}} 02^{\text{м}} - 10^{\text{ч}} 59^{\text{м}} = 3^{\text{м}},$$

где u — поправка часов. Таким образом, показание солнечных часов на 3 мин отличается от показания наручных часов.

Тема: Календарь. Обзор основных практических применений астрономии

Цель урока: рассказать об астрономической основе календаря и обобщить наиболее важные практические применения астрономии.

Наглядные пособия: модель небесной сферы, изображение эмблемы всемирного календаря, таблица «Практические применения астрономии», кинофильм «Практическое применение астрономии».

П л а н у р о к а:

1. Тропический год — основа солнечного календаря.
2. Старый и новый стиль.
3. Проект всемирного календаря.
4. Учебный кинофильм «Практическое применение астрономии».

1. Древние египтяне еще семь тысяч лет назад научились согласовывать свой календарь со звездой Сириус (по-египетски — Сотис), заметив, что приблизительно в день нового года, начинавшегося с момента разлива Нила, Сириус появлялся из-за горизонта перед самым восходом Солнца. Это открытие египтян положило начало одному из солнечных календарей, поскольку удалось установить, что разлив Нила и предутренний восход Сириуса совпадали в те времена с днем летнего солнцестояния. Так из практических потребностей человека, в данном случае связанных с земледелием, возникла одна из систем счисления больших промежутков времени — календарь. Используя «указатель» Солнца, демонстрируем на модели небесной сферы два последовательных прохождения центра Солнца через точку весеннего равноденствия и вводим понятие тропического года (§ 32), подчеркивая несоизмеримость величины года и суток ($\approx 365,2422$ средних суток).

2. Материал, касающийся старого и нового стиля, достаточно четко изложен в учебнике (§ 32). Можно лишь пояснить, как рассчитывается величина накопившейся ошибки в юлианском и григорианском календарях. Продолжительность юлианского года 365,25 средних суток, т. е. этот год на 0,0078 суток длиннее тропического. Поэтому юлианский календарь «отставал» примерно на трое суток за 400 лет ($0^{\text{а}}, 0078 \cdot 400 = 3^{\text{а}}, 12$).

Продолжительность григорианского года 365,2425 средних суток, т. е. этот год на 0,0003 суток длиннее тропического. Поэтому расхождение григорианского календаря со счетом тропических лет достигает суток лишь за 3300 лет ($0^{\text{а}}, 0003 \cdot 3300 = 1^{\text{а}}$).

3. 25 января 1937 г. на заседании Совета Лиги Наций впервые обсуждался проект Всемирного календаря, согласно которому:

1) Год (364 дня) делится точно на 2 полугодия по 182 дня или 4 квартала по 91 дню в каждом.

2) Каждый квартал состоит из 3 месяцев, из которых первый содержит 31 день, а остальные — по 30.

3) Первое число каждого года падает на воскресенье.

4) Каждый квартал, содержащий целое число недель (13), начинается с воскресенья и кончается субботой.

5) В обычные годы после 30 декабря вставляется день без даты, который отмечается как Праздник мира и дружбы народов. Второй нерабочий Международный день вставляется раз в 4 года после 30 июня и является Днем високосного года.

Перечисленные особенности нового календаря наглядно отражены на его эмблеме (рис. 74), которую можно нарисовать на боль-

шом листе бумаги и использовать во время рассказа о структуре нового календаря.

В настоящее время обсуждение проекта нового календаря встречает в ООН возражение ряда государств (США, Великобритании и др.), правительства которых объявляют себя связанными «религиозными соображениями».

Создание и введение нового календаря явится важным событием в истории культуры современного общества, и нужно полагать, что через некоторое время будет достигнуто единогласие по вопросу реформы календаря вопреки различным предрассудкам и религиозному фанатизму.



Рис. 74. Эмблема всемирного календаря. Числа показывают число дней в соответствующем месяце. ВД — день високосного года, ДМ — День мира и дружбы народов.

Учащимся, выразившим желание более обстоятельно познакомиться с проблемой календаря, полезно рекомендовать книгу: С. И. Селешников, История календаря и его предстоящая реформа, Лениздат, 1962.

В связи с вопросом о происхождении эры можно указать, что христианское летосчисление («от рождества Христова») было предложено в VI в. римским монахом Дионисием Малым, исходным пунктом «расчетов» которого явилось якобы евангельское предание о распятии и воскресении Христа. Вероятно, образ Христа-«спасителя» был заимствован христианской церковью из других дохристианских религий. Созданию этого образа способствовал культ всемогущего Солнца, широко распространенный у разных народов. Миф о смерти и воскресении Иисуса Христа положен в основу праздника пасхи, который ежегодно празднуется «в первое воскресенье после первого весеннего полнолуния». Исторической наукой доказано, что никакого Христа не было. Упоминания о нем древними историками либо более чем сомнительны (Тацит, I в. н. э.), либо являются явной фальсификацией (Иосиф Флавий, I в. н. э.). Вопрос о Христе является лишь частной проблемой происхождения христианства в рабовладельческой Римской империи, социально-экономические и политические условия жизни в которой известны учащимся из курса истории. В СССР счет времени от «рождества Христова» («наша эра») сохранился лишь потому, что в настоящее время это летосчисление общепринято.

В историю человечества навсегда войдут даты Великой Октя-

брьской социалистической революции, запуска первого советского искусственного спутника Земли и первых полетов человека в космос, знаменующие начало светлой эры коммунизма и покорения человеком космического пространства.

4. Кинофильм «Практическое применение астрономии», состоящий из двух частей, был выпущен в 1956 г. и создан применительно к старой программе по астрономии. Можно ограничиться демонстрацией второй части кинофильма, показывающей службу времени астрономического института, а также выполняемую для целей картографирования привязку к астрономическим пунктам. Значительное место в фильме уделено применению астрономии в авиации и мореплавании (§ 33). Показаны выбор штурманом самолета по бортовой подвижной карте звездного неба подходящей навигационной звезды¹, определение ее координат по авиационному «Ежегоднику», ведение самолета по астрокомпасу, определение местонахождения корабля в открытом море и др.

Задание на дом: § 32, 33; упр. 7 (2, 4, 6, 7).

Урок 17

Проверочная работа № 5 (15 мин)

В а р и а н т 1

1) В Якутске 25 февраля 13^ч 00^м по декретному времени. Найти поясное и истинное солнечное время.

2) Какое время показывают часы на железнодорожном вокзале нашего города?

В а р и а н т 2

1) Солнечные часы в Москве 19 июня показывают 14^ч 25^м. Какое время в этот момент показывают часы, идущие по декретному времени Москвы?

2) Что необходимо знать для определения географической долготы данного пункта?

В а р и а н т 3

1) В некотором пункте ($\lambda = 5^{\circ}28'15''$, 18) декретное время 10^ч34^м46^с,8. Найти соответствующее этому моменту местное среднее солнечное время.

2) Как можно определить географическую широту места наблюдения?

В а р и а н т 4

1) Местное среднее время пункта наблюдения ($\lambda = 3^{\circ}48'5''$, 6) равно 6^ч20^м38^с,0. Найти поясное и декретное время этого пункта.

2) Чем обусловлена необходимость введения поясного времени?

¹ К навигационным звездам относятся: Сириус, Вега, Капелла, Арктур, Ригель, Процион, Альтаир, Бетельгейзе, Альдебаран, Поллукс, Спика, Денеб, Регул, Полярная и другие наиболее яркие звезды.

В а р и а н т 5

1) В пункте A ($\lambda = 3^{\circ}38'54''$) местное среднее солнечное время $5^{\text{ч}}12^{\text{м}}16^{\text{с}}$. Найти местное среднее солнечное время в пункте B ($\lambda = 3^{\circ}54'21''$).

2) Можно ли создать календарь, абсолютно точный в течение неограниченного промежутка времени?

Т е м а: Телескопы и фотография

Ц е л ь у р о к а: рассказать о назначении, оптических свойствах телескопов и их роли в современной астрономии.

Н а г л я д н ы е п о с о б и я: школьный телескоп, самодельный телескоп, таблицы: «Рефрактор» и «Рефлектор» — или диапозитивы (рефрактор и рефлектор, менисковый телескоп, астрограф).

П л а н у р о к а:

1. Назначение и принцип устройства телескопов.
2. Основные телескопические системы.
3. Оптические свойства телескопа.
4. Роль астрофотографии.

Предварительные замечания. Достижения современной астрономии стали возможными благодаря применению новейших инструментов, приборов и методов исследования. Астрономические инструменты делают доступными наблюдению удаленные объекты, о существовании которых до изобретения телескопа люди не имели представления. Полезно напомнить об исключительной роли наблюдений Галилея, выполненных с примитивным телескопом.

Фотография, спектральный анализ, радиоастрономия существенно дополняют визуальные наблюдения, позволяя исследовать небесные тела в диапазоне длин волн, во много раз превышающем часть спектра, воспринимаемую глазом. Аппаратура, установленная на искусственных спутниках Земли и космических ракетах, уже сейчас успешно используется для экспериментов в космическом пространстве, исследование которого еще совсем недавно было доступно лишь наблюдательным методам. Это позволяет углубить и расширить наши знания о формах и свойствах материи, свидетельствует о безграничных возможностях познания человеком объективно существующего материального мира.

1. На данном уроке предстоит прежде всего выяснить назначение телескопов и дать понятие об их устройстве. В курсе физики подробно рассматривается ход лучей в телескопе-рефракторе. Телескопы применяются, во-первых, для получения по возможности большего количества света, необходимого для изучения физической природы небесных тел, и, во-вторых, для увеличения угла зрения, под которым видно небесное тело (таблица «Рефрактор»). Объектив телескопа строит изображение светил в своей

фокальной плоскости, а окуляр играет роль лупы, в которую рассматривается изображение, построенное объективом.

2. Знакомим учащихся с тремя основными телескопическими системами: рефрактором, рефлектором и менисковым телескопом, в которых соответственно функции объектива могут выполнять линза (или система линз), вогнутое зеркало, комбинация линзы и зеркала. Показываем схемы и внешний вид различных телескопов (таблицы), не вдаваясь в подробности хода лучей в них. Более обстоятельно рассказываем об устройстве школьного телескопа, в который учащиеся будут наблюдать небесные светила.

Сравнивая системы телескопов, отмечаем качество создаваемого ими изображения, практическую трудность изготовления телескопа, а также размеры инструмента при одинаковом диаметре объектива. Например, светосильные зеркально-линзовые телескопы системы Д. Д. Максудова обеспечивают хорошее изображение, оптические поверхности инструмента имеют сферическую форму и сравнительно просто изготавливаются; размеры телескопов значительно меньше рефракторов и рефлекторов. В настоящее время продолжается проектирование и строительство гигантских рефлекторов. Крупнейший в Европе телескоп-рефлектор установлен на Крымской астрофизической обсерватории Академии наук СССР (рис. 54 учебника). В недалеком будущем в СССР предполагается построить величайший в мире рефлектор с диаметром зеркала 6 м. Введение в строй такого гиганта сделает доступным наблюдение звездных систем, удаленных от нас на огромные расстояния.

3. Представление об оптических свойствах визуальных телескопов учащиеся получают, знакомясь с увеличением, предельной звездной величиной и разрешающей силой телескопов.

а) Показав самодельный телескоп-рефрактор и напомнив учащимся известное им из курса физики определение фокусного расстояния линзы, сообщаем, что увеличение телескопа:

$$\omega = \frac{F}{f},$$

где F — фокусное расстояние объектива, f — фокусное расстояние окуляра. Из формулы следует, что теоретически даже небольшой телескоп может обеспечить значительное увеличение. Однако на практике выясняется, что с ростом увеличения больше проявляются недостатки оптических систем и резко ухудшается качество изображения из-за неспокойствия атмосферы. Поэтому увеличение самодельных телескопов с объективом из длиннофокусного очкового стекла не должно превышать 30 раз, а при визуальных наблюдениях с наиболее совершенными современными инструментами редко используют увеличение свыше 500 раз.

б) Предельная звездная величина, доступная телескопу при визуальных наблюдениях, зависит от диаметра объектива и может быть вычислена по формуле:

$$m = 7^m,1 + 5 \lg D,$$

где D — диаметр объектива в сантиметрах.

в) Наименьшее угловое расстояние, при котором две слабые звезды будут видны в телескоп раздельно, называется разрешающей силой и может быть вычислено по формуле:

$$d'' = \frac{14''}{D},$$

где d'' — угловое расстояние между звездами в секундах дуги.

Формулы для предельной звездной величины и разрешающей силы телескопа учащимся запоминать не надо.

4. В настоящее время визуальные наблюдения с телескопами в большинстве случаев заменены фотографическими. Телескопы, оптика и конструкция которых предназначена для фотографических наблюдений, получили название астрографов. Важными свойствами фотографии являются интегральность, документальность и возможность фотографирования в невидимых лучах (инфракрасных и ультрафиолетовых). Особенно ценными являются фотографии, полученные в невидимых лучах с инструментами, установленными на космических ракетах, спутниках, а также на баллонах, поднятых выше плотных слоев атмосферы. В частности, только так можно получить фотографии в рентгеновских лучах. Желательно показать диапозитивы, изображающие фотографии одного и того же участка неба, полученные с разными экспозициями, а также фотографии, выполненные в невидимых лучах.

Задание на дом: 1) § 34 (1).

2) Рассчитать предельную звездную величину и разрешающую силу телескопа, имеющегося в школе.

3)* Во сколько примерно раз самые слабые из звезд, доступных невооруженному глазу, ярче звезд, звездные величины которых являются предельными: а) для школьного телескопа; б) для 5-метрового рефлектора, считая, что в него видны звезды до 20^m , 5?

Урок 18

Урок целесообразно начать кратким анализом проверочной работы № 5.

Тема: Понятие о спектральном анализе и радиоастрономии

Цель урока: разъяснить значение спектрального анализа и радиометодов для современной астрономии.

Наглядные пособия: таблицы: «Рефрактор», «Рефлектор», «Радиоастрономия», диапозитивы (как изучают химический состав Солнца и звезд; эффект Допплера, определение температуры поверхностей планет термозементами, радиотелескоп, башни Крымской астрофизической обсерватории).

П л а н у р о к а :

1. Спектроскоп и спектрограф.
2. Виды спектров.
3. Определение химического состава и температуры небесных тел.
4. Определение лучевых скоростей небесных тел.
5. Понятие о радиоастрономических исследованиях.
6. Советские обсерватории.

1. Учащиеся, приступая к изучению спектрального анализа в курсе астрономии, уже имеют первоначальное представление о сложности белого света. Спектры небесных тел исследуются специальными приборами. С устройством астрономического спектрографа знакомим учащихся по схеме, изображенной на таблице «Рефрактор», или по рисунку 55 учебника.

2. Следуя учебнику (§ 34), рассказываем о природе спектров. Изложение сопровождаем показом картин и фотографий различных видов спектров (рис. 87 учебника). Воспользовавшись школьным спектроскопом, желательнее показать солнечный спектр.

Дополняя материал учебника, сообщаем учащимся, что непрерывный спектр излучают не только раскаленные твердые, жидкие тела и сжатые газы, но и раскаленный разреженный газ, образующий толстый слой. Например, непрерывный спектр излучают газы поверхностных слоев Солнца (фотосферы), несмотря на то что их плотность примерно в тысячу раз меньше плотности окружающего нас воздуха.

На кружковом занятии можно объяснить, что механизм возникновения непрерывного спектра разреженного газа связан с рекомбинацией атомов газа. В фотосфере Солнца в процессе рекомбинации к нейтральному атому водорода присоединяется еще по одному электрону и образуются отрицательные ионы водорода. Лишний электрон, присоединяемый к атому водорода, слабо связан с ядром атома и может легко от него оторваться. При этом возникает спектр, который имеет вид светлой полосы, резко ограниченной со стороны длинных волн и с яркостью, быстро спадающей в сторону коротких волн. У многих газов, в том числе и у водорода, граница самой сильной полосы непрерывного излучения находится в невидимой ультрафиолетовой области спектра. При небольшой толщине слоя разреженный газ испускает линейчатый спектр, а непрерывный спектр образует лишь слабый фон, яркость которого возрастает по мере увеличения толщины слоя раскаленного газа. Чем толще слой газа, тем больше его поглощательная и излучательная способность. Яркий непрерывный спектр фотосферы, сходный со спектром абсолютно черного тела, полностью перекрывает ее дискретный спектр.

3. Определение химического состава небесных тел по их спектру основано на том, что атомы химических элементов излучают

(и поглощают) свет строго определенной длины волны, хорошо известной из лабораторных спектроскопических исследований. Поэтому обнаружение в спектре звезды той или иной линии доказывает наличие определенного химического элемента в атмосфере звезд. Спектр свидетельствует не только о химическом составе атмосферы звезды, но и о физическом состоянии содержащихся в ней элементов. Например, присутствие в спектре полос указывает на существование в атмосфере звезды не только атомов, но и молекул. Кроме того, по виду спектра можно судить о том, нейтральные или ионизованные атомы участвовали в излучении.

Зависимость спектра от температуры разъяснена в учебнике. На кружковых занятиях, а также на уроках физики желательно показать учащимся, как меняется вид спектра электрической лампочки по мере изменения реостатом силы тока в цепи. Связывая излагаемый материал с наблюдениями, следует предложить учащимся обратить внимание на различие цвета звезд.

В заключение этой части урока разъясняем, что определение температуры Луны и планет, являющихся несамосветящимися телами, производится по тепловому излучению, измеряемому чувствительным термоэлементом, установленным в фокусе телескопа.

4. Вектор скорости v движения звезды в пространстве разлагается на составляющие тангенциальную v_t и лучевую v_r :

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

Тангенциальная скорость определяется по измерению перемещений звезд по небесной сфере, а лучевая — по спектру. Измерение лучевых скоростей (диапозитив) основано на эффекте смещения спектральных линий при относительном движении источника света и наблюдателя. Подробнее эффект Допплера описан в учебнике.

5. Недостаток времени не позволит на уроке рассказать о радиоастрономии подробнее, чем это сделано в учебнике. На данном уроке нужно лишь сказать, что наряду с оптическими телескопами в современной астрономии все большее значение приобретают радиотелескопы, наиболее распространенные типы которых изображены на таблице «Радиоастрономия». Однако роль радиоастрономических исследований в настоящее время настолько велика, что невозможно ограничиться только этим замечанием. Необходимо, как и при изложении вопросов космонавтики, обращаться к достижениям радиоастрономии при изучении последующих тем курса, посвященных физической природе небесных тел. В настоящее время радиоастрономия теряет значение как раздел астрономии, становясь общим методом исследования звездной астрономии, планетной астрономии, геофизики и т. д. На кружковых занятиях по астрономии и физике следовало бы более подробно рассказать следующее:

1) Принципиальное значение радиоастрономии связано с тем, что она позволила открыть второе «окно» в глубины мирового прост-

ранства. На таблице «Радиоастрономия» показаны оба «окна». Первое «окно» представляет собой видимую часть спектра с прилегающими к ней инфракрасной и ультрафиолетовой областями. Коротковолновое ультрафиолетовое излучение поглощается атмосферным озоном, а инфракрасное излучение поглощается водяными парами. Второе «окно» располагается в диапазоне радиоволн от 10^8 до $3 \cdot 10^{11}$ Å. Несмотря на то, что указанный интервал значительно обширнее оптического ($300 \text{ Å} < \lambda < 24\,000 \text{ Å}$), через оптическое «окно» проходит больше лучистой энергии, чем через «радиоокно», поскольку интенсивность излучения небесных тел в радиодиапазоне во много раз меньше, чем в оптическом. «Вид» неба в радиолучах существенно отличается от привычной картины. В радиолучах небо, если бы мы могли его видеть, не было темным, оно все целиком светилось бы сплошным светом. Кроме яркого радиосвечения Солнца, на небе засияли бы «радиопятна» в созвездиях Стрельца, Кассиопеи, Лебеда и Тельца, где расположены мощные источники радиоизлучения, не обнаруживающие заметной яркости при оптических наблюдениях. «Вид» неба зависит от длины волны, на которой производится наблюдение. На волнах сантиметрового и дециметрового диапазона свечение неба было бы не очень значительным. На метровом диапазоне усилилось бы общее свечение неба и особенно возросла яркость Солнца и радиоисточников в Кассиопее и Лебеде. В диапазоне волн длиной в несколько десятков и сотен метров небо было бы столь ярким, что на его фоне Солнце выглядело бы темным диском.

Радиоастрономия отодвинула границы наблюдаемой части Вселенной, поскольку источники радиоизлучения иногда наблюдаются с расстояний, пока еще недоступных даже крупнейшим оптическим телескопам. В ближайшие годы предполагается создать радиотелескопы, улавливающие радиоизлучение объектов, удаленных от нас на несколько десятков миллиардов световых лет.

Радиоастрономические исследования позволяют:

- а) изучать космические объекты (радиогалактики, межзвездный газ, «сверхзвезды»), исследование которых иными методами дает весьма ограниченные сведения об их физической природе;
- б) проводить ряд наблюдений днем и в плохую погоду, а также ориентироваться по радиоисточникам;
- в) радиолокационными методами уточнить расстояния до Луны, планет и Солнца, а также исследовать метеоры.

Большой вклад в развитие радиоастрономии внесли советские ученые В. Л. Гинзбург, И. С. Шкловский, В. В. Виткевич и др.

2) В курсе физики восьмилетней школы учащиеся получают элементарные сведения о радиоприеме (получение колебаний в колебательном контуре, антенна, резонанс контуров, работа детекторного приемника). К сожалению, последующее углубление радиофизических представлений учащихся в курсе физики не затра-

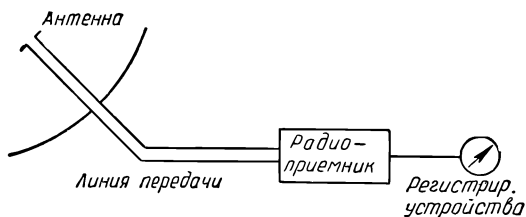


Рис. 75. Основные элементы радиотелескопа.

гивает вопросов естественного радиоизлучения, не связанного со специальными радиотехническими устройствами. Именно таким является радиоизлучение небесных тел.

Укажем две причины радиоизлучения небесных тел. Во-первых, небесные тела, каждое из которых имеет определенную температуру, излучают различные длины волн и в том числе радиоволны (тепловое радиоизлучение). Например, Луна, температура поверхности которой в полнолунии достигает 400°K , излучает радиоволны, не имея собственного светового излучения. Во-вторых, радиоволны могут излучаться вследствие колебаний электронно-ионного газа (плазмы), торможения электронов в магнитных полях и ряда других процессов (нетепловое радиоизлучение).

3) Основные элементы радиотелескопа аналогичны элементам оптического телескопа (рис. 75). Объективу оптического телескопа соответствует остронаправленная антенна радиотелескопа. Приемнику излучения в оптическом телескопе (фотопластинка, фотоэлемент и т. п.) соответствует радиоприемник, в котором радиоволны усиливаются, детектируются и далее передаются специальному регистрирующему устройству. В отличие от оптических телескопов, позволяющих исследовать все видимое излучение светила, радиотелескопы способны принимать в основном радиоизлучение определенной длины волны (монокроматическое радиоизлучение).

Антенны-рефлекторы (таблица «Радиоастрономия» и рис. 60 учебника) имеют в диаметре несколько десятков метров. Обычно в фокусе рефлектора располагают один из элементов антенны — диполь (или облучатель), собирающий энергию радиоволн и передающий ее радиоприемнику. Изготовить зеркало радиотелескопа с диаметром в десятки метров легче, чем отшлифовать 5—6-метровое зеркало оптического телескопа, так как точность изготовления поверхности зеркала может составлять $\frac{1}{8}$ длины волны того излучения, на которое рассчитан прибор. Для оптических телескопов это составляет $\frac{1}{16}$ мк, а для радиотелескопа сантиметрового диапазона — около 1 мм. Исследования в метровом диапазоне производятся с многодипольными антеннами, образующими огромные

металлические каркасы. Мощность такой антенны зависит от ее площади, поскольку токи, возбуждаемые в многочисленных параллельных диполях, суммируются.

5. Сведения о советских обсерваториях, содержащиеся в учебнике, не требуют разъяснений, и учащиеся могут ознакомиться с ними самостоятельно. Полезно лишь дополнить, что некоторые из наших обсерваторий оборудованы радиотелескопами. Например, в Пулковской обсерватории установлен большой радиотелескоп, общий вид которого показан на таблице «Радиоастрономия». Параболическая лента этого телескопа имеет длину 130 м и ширину 3 м.

22-метровый радиотелескоп-рефлектор Физического института им. П. Н. Лебедева (ФИАН-22), установленный вблизи г. Серпухова, снабжен автоматическим программным управлением и электроприводами для быстрой наводки на заданную точку неба.

Задание на дом: 1) § 34 (2—5).

2) Самостоятельно найти на звездном небе созвездия Ориона, Тельца и Возничего.

Вопросы для повторения темы «Основные практические применения астрономии и методы изучения светил»

1. Что такое склонение и прямое восхождение светила?
 2. Что такое высота и азимут светила?
 3. Какова связь между высотой полюса мира и географической широтой?
 4. Чем объясняется смена времен года?
 5. Что такое всемирное время?
 6. В чем сущность поясного счета времени?
 7. Как определяется географическая долгота?
 8. Что такое новый календарный стиль?
 9. Каковы основные типы телескопов?
 10. Какова роль спектрального анализа в астрономии?
 11. Каковы основные достоинства фотографического метода исследования?
 12. Каково принципиальное значение радиоастрономии?
- Учащиеся должны уметь:*
1. Определять экваториальные координаты звезд по каталогу и карте звездного неба.
 2. Измерять горизонтальные координаты светил школьным теодолитом.
 3. Приблизительно определять широту места наблюдения по высоте Полярной звезды.
 4. Определять поправку своих часов по радиосигналам точного времени.
 5. Самостоятельно наводить на светило и фокусировать школьный телескоп.

Г л а в а VII.

● ФИЗИЧЕСКАЯ ПРИРОДА ТЕЛ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ

Примерное планирование темы:

1. Движение и фазы Луны. Затмения.
2. Физическая природа Луны.
3. Строение Солнечной системы. Планеты земной группы.
4. Физическая природа планет-гигантов.
5. Природа комет и метеорных тел.
6. Физическая природа Солнца.
7. Солнечная активность и ее земные проявления.

Урок 19

Урок начинаем беседой, во время которой проверяем усвоение учащимися сущности астрофизических методов исследования небесных тел. Можно ограничиться вопросами для повторения, приведенными на странице 166 под номерами 9—12. Затем выясняем, удалось ли учащимся заметить во время самостоятельных наблюдений изменение вида Луны и ее положения на фоне звездного неба.

Тема: Движение и фазы Луны. Затмения

Цель урока: объяснить явления, связанные с изменением взаимного расположения Земли, Луны и Солнца.

Наглядные пособия: демонстрационная подвижная карта звездного неба, таблицы: «Луна» и «Солнечные и лунные затмения», кинофрагмент «Почему и как происходят затмения Солнца», диапозитив (схема солнечного и лунного затмения), «Астрономический календарь ВАГО».

П л а н у р о к а:

1. Видимое движение Луны.
2. Обращение Луны вокруг Земли.
3. Объяснение смены лунных фаз.
4. Затмения Луны и Солнца.

Предварительные замечания. Приступая к изучению Луны, ближайшего к Земле небесного тела, имеем в виду, что:

а) движение Луны и физические условия на ней исследованы в настоящее время достаточно подробно, и основные выводы могут быть сообщены учащимся;

б) современные научные сведения о Луне вскрывают несостоятельность суеверий и предрассудков, связанных с Луной;

в) Луна, по-видимому, явится первым небесным телом, которое в сравнительно недалеком будущем посетит человек.

Для преподавания весьма существенно, что астрономические наблюдения Луны легко осуществимы в условиях любой школы.

Это позволяет в значительной мере основывать изложение учебного материала на самостоятельных наблюдениях учащихся.

1. Обобщая результаты самостоятельных наблюдений учащихся, отмечаем, что суточное смещение Луны на фоне звезд (примерно 13° в сутки), а также покрытия звезд и планет Луной объясняются тем, что Луна является ближайшим к Земле (естественным!) небесным телом.

2. Отмечаем, что в учебнике приводится среднее расстояние от Земли до Луны: вследствие эллиптичности орбиты Луны расстояние до нее меняется от 356 000 до 407 000 км. Не приводя более точных значений, можно указать, что расстояние до Луны в любой момент известно с точностью до 1 км, причем дальнейшее усовершенствование радиолокационной техники позволит понизить предел погрешности измерений до 100 м. Затем, следуя учебнику, вводим понятие сидерического месяца. Если изобразить лунную орбиту в виде проволочного кольца, а эклиптику — листа картона, то на такой модели можно показать угол наклона плоскости орбиты Луны к плоскости эклиптики, а также узлы лунной орбиты и линию узлов.

3. В древности строго повторяющаяся смена лунных фаз служила основой для исчисления времени (лунный календарь). Луну, как и Солнце, считали «великим» светилом. Культ Луны, ее обожествление и сейчас еще имеет место среди некоторых народов Востока.

Учащиеся должны хорошо понимать, почему Луна светит и чем объясняется смена ее фаз. При объяснении лунных фаз (§ 35) достаточно воспользоваться рисунком из таблицы «Луна», диапазоном или рисунком 61 учебника.

Взаимное расположение на небосводе Луны и Солнца во время главных фаз Луны можно показать на подвижной карте звездного неба. Для этого, воспользовавшись «Астрономическим календарем ВАГО», в котором даны экваториальные координаты Луны, отмечаем на карте положение Луны в дни первой четверти, полнолуния, последней четверти, новолуния.

Затем для одного из указанных четырех дней находим положение Солнца на эклиптике и примерно оцениваем угловое расстояние между Луной и Солнцем. В день первой четверти угловое удаление Луны от Солнца составляет 90° ; в полнолунии — 180° ; в последней четверти — 270° ; в новолунии — 0° . На карте эти углы отсчитываются по часовой стрелке от точки, в которой в данный момент находится Солнце, до точки, в которой находится Луна.

Можно так же определить по карте время восхода, захода и кульминаций Луны в главных фазах. Для этого по данным экваториальным координатам Луны отмечаем ее положение на карте. Затем так же, как это делалось для звезд и Солнца, определяем моменты восхода, захода и кульминаций Луны.

Экваториальные координаты Луны даются в «Школьном астрономическом календаре» через интервал в пять дней. Следует учесть, что обычный интерполяционный метод нахождения значения экваториальных координат для любой промежуточной даты не всегда применим к определению быстроменяющегося склонения Луны. Например, склонение Луны 6 марта 1964 г. — $19^{\circ}25'$, а 11 марта — $20^{\circ}14'$. Казалось бы, что за пять дней склонение изменилось на $(-20^{\circ}14') - (-19^{\circ}25') = -0^{\circ}49'$. Однако, посмотрев в «Астрономический календарь ВАГО», убедимся, что в действительности склонение Луны уменьшалось от $-19^{\circ}25'$ (6 марта) до $-23^{\circ}12'$ (8 марта), а затем снова возросло до $-20^{\circ}14'$ (11 марта). Следовательно, изменение склонения за пять суток составляет $6^{\circ}45'$. Поэтому значение склонения Луны для промежуточных дат удобнее брать из «Астрономического календаря ВАГО», в котором α и δ приводятся на каждый день.

4. После уяснения фаз Луны вопрос о затмениях, первоначальное понятие о которых учащиеся имеют из курса физики, не вызовет затруднений. Можно было бы, например, ограничиться демонстрацией кинофрагмента «Почему и как происходят затмения Солнца» (это один из трех фрагментов фильма «Планетная система»). В фрагменте показан ход солнечного затмения и объясняется, почему затмения Солнца не могут происходить каждое новолуние. Кроме того, фрагмент знакомит учащихся с размещением экспедиций Академии наук СССР вдоль полосы затмения 30 июня 1954 г. и с астрономическими наблюдениями, выполненными во время полного затмения Солнца. После демонстрации кинофрагмента показываем карту условий видимости солнечного затмения 15 февраля 1961 г. (рис. 67 учебника).

Затем знакомим учащихся с разделом «Школьного астрономического календаря», содержащим сведения о затмениях Солнца и Луны на данный год. Ближайшее полное затмение Солнца, видимое в некоторых областях нашей страны (Западная Сибирь, Казахстан), произойдет 22 сентября 1968 г. Ближайшее полное затмение Луны, видимое в СССР, — 6 августа 1971 г.

В заключение урока подчеркиваем философское и атеистическое значение предвычислений затмений на основе законов движения Земли и Луны, а также большую научную ценность наблюдения затмений (исследование атмосферы Солнца при солнечных затмениях, атмосферы Земли при лунных затмениях и др.). В прошлом затмения Луны и Солнца являлись источником многочисленных суеверий. Давно замеченная закономерность в повторяемости затмений и умение предсказывать время наступления затмений тщательно хранились в тайне от народа. Современная наука предсказывает моменты наступления затмений с поразительной точностью, что свидетельствует о правильности теории, положенной в основу вычислений.

Задание на дом: 1) 35, 36, упр. 8 (1—3).

2) Пользуясь «Школьным астрономическим календарем», сравнить для данного месяца прямые восхождения Луны, находящейся в главных фазах, и Солнца.

Урок 20

Тема: Физическая природа Луны

Цель урока: познакомить учащихся с современными представлениями о Луне и ее физической природе.

Наглядные пособия: глобус Луны, таблица «Луна», диафильм «Луна» или диапозитивы (сравнительные размеры Земли и Луны, лунный ландшафт, кратер Коперник, карта обратной стороны Луны), карта Луны.

П л а н у р о к а :

1. Размеры и масса Луны.
2. Вращение Луны вокруг оси.
3. Строение лунной поверхности.
4. Физические условия на Луне.

1. Воспользовавшись диафильмом «Луна» или диапозитивом, показываем сравнительные размеры Земли и Луны. Отмечаем, что Луна меньше Земли не только по своим размерам, но и по массе. Средняя плотность Луны (около $3,3 \text{ г/см}^3$) близка к плотности базальтовых пород. Зная величину линейного радиуса Луны $R_{\text{л}}$ и ее массу $M_{\text{л}}$, можно по формуле $g_{\text{л}} = \gamma \frac{M_{\text{л}}}{R_{\text{л}}^2}$ вычислить ускорение силы тяжести на Луне.

Никакой другой спутник в Солнечной системе не имеет по сравнению со своей планетой столь больших размеров и массы, как Луна по сравнению с Землей. Так, диаметр наибольшего из спутников Юпитера — Каллисто — почти в 30 раз, а масса — в 20 000 раз меньше, чем у Юпитера.

2. Самостоятельные наблюдения учащихся убеждают их в том, что Луна всегда обращена к Земле одной стороной. Особенность вращения Луны вокруг Земли (§ 37) можно рассмотреть на «живой модели» (ученик обходит вокруг стула) или на чертеже (рис. 76). Выяснив, что период вращения Луны вокруг оси в точности равен периоду обращения Луны вокруг Земли, указываем на причину и следствия этого явления. Причиной совпадения периодов является приливное трение, следствием — своеобразная смена дня и ночи на Луне, а также непривычная картина перемещения светил на небе Луны: «суточное» вращение небесной сферы на Луне происходит за $27\frac{1}{3}$ земных суток.

Северный лунный полюс мира лежит в созвездии Дракона, а Южный — в созвездии Золотой Рыбы. Наблюдатель, находящийся в центре видимого полушария Луны, увидит Землю на небе Лу-

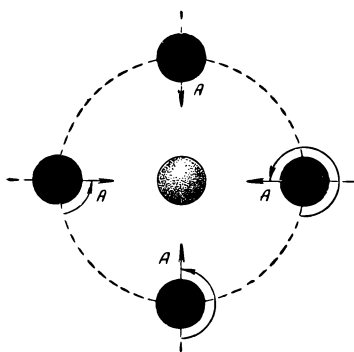


Рис. 76. Период вращения Луны вокруг оси равен периоду ее обращения вокруг Земли.



Рис. 77. Схематические профили больших лунных кратеров.

ны вблизи зенита. Чем ближе будет располагаться наблюдатель к видимому с Земли краю Луны, тем ниже над лунным горизонтом будет виден земной шар. С данного места лунной поверхности Земля всегда видна примерно на одной и той же высоте и азимуте. Наблюдатель, находящийся на «обратной» стороне Луны, Землю не увидит. В связи с освоением Луны вопросы ориентировки на ее поверхности приобретают практическое значение. Особая роль будет принадлежать астрономической ориентировке, поскольку в лунных условиях бесполезен магнитный компас.

3. На таблице «Луна» помещены телескопические фотографии обращенной к нам стороны Луны, наблюдаемой в различных фазах. Демонстрируя фотографию Луны в полнолуние и диапозитивы, обращаем внимание учащихся на основные типы лунных образований («моря», кратеры, лучевые системы). На видимой с Земли стороне Луны имеется примерно 300 000 кратеров с диаметрами более 1 км. Высоты валов всех лунных кратеров в большинстве случаев весьма малы по сравнению с диаметрами кратеров.

На рисунке 77 показаны схематические профили пяти больших лунных кратеров и цирков, приведенные в том же горизонтальном масштабе, что и кривизна лунной поверхности. Для более рельефного изображения очертаний этих кратеров масштаб по вертикали увеличен вдвое. Следовательно, в действительности они более плоски, чем показано на рисунке. Сравнительно недавно выяснилось, что на Луне нет крутых склонов, хотя представления, основанные на зрительном впечатлении, приводят к противоположному выводу. Кроме того, относительно небольшой лунный шар имеет значительную кривизну поверхности, скрывающую от лунного наблюдателя удаленные объекты. Поэтому в большинстве мест на

Луне ландшафт достаточно ровный, а иногда и вовсе лишен заметных ориентиров. Важные сведения о микрорельефе видимой стороны Луны получены недавно при ее фотографировании с близкого расстояния (космические аппараты «Рейнджер»). С этими фотографиями и пояснениями к ним можно познакомиться в ж. «Земля и Вселенная», 1965, № 4.

Затем показываем фотографии обратной стороны Луны (таблица). При первом фотографировании обратной стороны Луны (7 октября 1959 г.), кроме значительной части ее неизвестной поверхности, фототелевизионная аппаратура автоматической межпланетной станции третьей советской космической ракеты обеспечила также получение изображения некоторых известных ранее областей Луны. Например, на фотографиях оказалось Море Гумбольдта, Море Кризисов, части Краевого моря, Моря Смита, Южного Моря и др. (рис. 91 учебника и глобус Луны). Эти «моря», расположенные у самого края видимого с Земли полушария Луны, земной наблюдатель из-за перспективного искажения видит более узкими и длинными, чем в действительности. На фотографиях, полученных с борта межпланетной станции, эти «моря» расположены далеко от видимого края Луны и их форма незначительно искажена перспективой. Моря Краевое, Смита и Южное имеют продолжение на невидимой стороне Луны, а значит, занимают большие площади, чем им приписывалось до сих пор. В целом на обратной стороне Луны оказалось меньше «морей»: преобладают плоскогорья, испещренные кольцевыми горами. Нужно показать учащимся широко известные теперь моря Москвы, Мечты, кратеры Ломоносов, Циолковский, Курчатов, Жолио Кюри. Успешное фотографирование обратной стороны Луны, а также построение карты и атласа обратной стороны Луны (Н. П. Барабашов, А. А. Михайлов, Ю. Н. Липский) является ярким подтверждением материалистического тезиса о познаваемости мира и его закономерностей.

4. Далее, следуя учебнику (§ 37), характеризуем физические условия на Луне. При описании резких колебаний температуры на Луне подчеркиваем, что речь идет о температуре поверхности Луны. С глубиной, согласно радиоастрономическим данным, температура возрастает и, возможно, в недрах Луны достигает значительной величины. По данным экспериментов, выполненных при полетах к Луне космических ракет, Луна, по-видимому, не имеет магнитного поля и радиационного пояса.

Полеты на Луну автоматических станций, а затем человека будут иметь важное значение не только для детального изучения Луны, но, главное, для создания на ней обсерватории, где в условиях космического пространства ученые сумеют получить ценнейшую информацию о природе планет, Солнца, звезд.

При подготовке к урокам и внеклассным занятиям по теме «Луна» учителям будут полезны интересная и прекрасно написанная книга З. Копала «Луна — наш ближайший сосед» (Изд-во иностр. лит., 1963); брошю-

ра И. А. Паршина «Луна» (Физматгиз, 1960), а также обширное описание, которым снабжена «Карта Луны» И. Клепешта, и др.

Задание на дом: 1) § 37; упр. 8 (4—9).

2) *Задача.* 5 мая 1964 г. координаты Луны равны: $\alpha = 21^{\text{h}}09^{\text{m}}$ и $\delta = -19^{\circ}55'$. Определить примерные моменты восхода, захода и кульминаций Луны. Найти наибольшую высоту Луны над горизонтом. Выяснить, в какой фазе наблюдалась Луна.

Урок 21

Тема: Строение Солнечной системы. Планеты земной группы

Цель урока: рассмотреть основные закономерности строения Солнечной системы и вопросы физической природы планет земной группы.

Наглядные пособия: таблицы: «Солнечная система» и «Планеты», диафильм «Планеты и малые тела Солнечной системы» или диапозитивы (ближайшие к Солнцу планеты, сравнительная величина Солнца и планет, Венера и ее фазы, вид Марса в телескоп, смена времен года на Марсе), учебный кинофильм «Солнечная система» (часть I), кинокольцовка «Фазы Венеры».

П л а н у р о к а:

1. Общий обзор Солнечной системы.
2. Две группы больших планет.
3. Меркурий и Венера.
4. Марс и возможность жизни на других планетах.

1. Следуя § 38 учебника, рассказываем о строении Солнечной системы, общее представление о которой учащиеся уже получили на некоторых предыдущих уроках. Таблица «Солнечная система» и первые кадры диафильма «Планеты и малые тела Солнечной системы» позволяют наглядно показать строение Солнечной системы, расположение и особенности действительных движений планет в пространстве. Отмечаем, что, кроме Солнца и планет, в Солнечную систему входят астероиды, кометы и метеорные тела. Особо подчеркиваем роль Солнца, являющегося центральным телом Солнечной системы, определяющим движение планет и физические условия на них. Обращаем внимание на направление движения планет вокруг Солнца и вращение их вокруг осей.

Ближние спутники планет обращаются вокруг планет в ту же сторону, что и планеты вокруг Солнца, а далекие — имеют обратное движение. Указав на приблизительную компланарность планетной системы и используя чертежи, имеющиеся в таблице и диафильме, разъясняем, что орбиты планет Нептуна и Плутона не пересекаются вопреки впечатлению, создающемуся при рассмотрении рисунка 72 учебника.

Полезно показать учебный кинофильм «Солнечная система», первая часть которого посвящена закономерностям в Солнечной системе и сравнению физических условий на планетах земной группы.

2. В историческом развитии планетной астрономии находит своеобразное отражение действие закона отрицания отрицания.

а) В период начала применения астрофотографии и зарождения астрофизики (XIX в.) исследования планет привлекали основное внимание астрономов, а к системе «неподвижных звезд» астрономы лишь относили видимое движение планет.

б) Развитие звездной астрономии, успехи в исследовании Галактики и внегалактических объектов (конец XIX и начало XX в.) привели к тому, что астрофизическое изучение планет было почти прекращено. Лишь незначительное число астрономов-профессионалов вплотную занималось вопросами планетной астрономии в первой половине текущего столетия.

в) Наконец, в последние годы, когда почти не вызывает сомнения, что применение искусственных спутников Земли и космических ракет дает принципиально новые сведения и ощутимо приблизилось время межпланетных полетов, к исследованию планет вновь привлечено внимание многих астрономов во всех странах мира.

Основными физическими характеристиками планет являются масса, размеры, средняя плотность, скорость вращения вокруг оси. Важно дать представление о средней плотности и химическом составе атмосфер планет, углах наклона осей планет к плоскостям их орбит, а также о количестве спутников. По основным физическим характеристикам планеты можно разделить на две группы и дать их сравнительную характеристику (§ 38). При этом не следует приводить большое количество чисел, так как в приложении VI к учебнику содержится достаточный справочный материал.

3. Сходство планет каждой группы не исключает их отличия друг от друга: каждой планете Солнечной системы присущи свои специфические особенности. Например, особенности физической природы Меркурия связаны с тем, что он всегда обращен к Солнцу одной стороной.

При описании планет нужно вскрывать причинно-следственные связи. Например, ускорение силы тяжести на планете зависит от массы планеты и ее радиуса; наличие атмосферы на планете тесно связано с силой тяжести; от наклона оси планеты к плоскости ее орбиты зависят особенности смены времен года; от скорости вращения планеты вокруг оси зависит ее сжатие и, возможно, наличие у нее магнитного поля.

Фактический материал о Меркурии, Венере и Марсе содержится в § 39 и 40. Новые сведения о природе планет можно найти в обзорах «Успехи астрономии», помещаемых в приложении к «Астрономическому календарю ВАГО».

Следует отметить, что по данным радиоастрономических исследований и «Маринер-2» ось вращения Венеры почти перпендикулярна к плоскости эклиптики; один оборот Венера совершает примерно за $240^{\text{д}}$, т. е. имеет «обратное» вращение. Наконец, «Маринер-4»

передал на Землю первые фотографии Марса, полученные с расстояния около 9 000 км от поверхности планеты. Кроме того, в частности, выяснилось, что магнитное поле Марса не менее, чем в 10 раз слабее земного, что вокруг Марса, видимо, нет радиоактивного пояса, что давление у поверхности планеты около 10 мм рт. ст.

Наглядный материал, показом которого необходимо сопроводить изложение вопросов о природе планет, имеется в таблице «Планеты» и первом фрагменте («Планеты») рекомендуемого диафильма. Кинокольцовка «Фазы Венеры» показывает основные конфигурации Венеры и фазы Венеры в них.

4. Вопрос о возможности существования жизни на планетах является следствием общего вопроса о физических условиях на них. Чем более точными данными наука будет располагать о физических условиях на планетах, тем более определенно она ответит на вопрос о существовании жизни на той или иной планете. Кроме Земли, в Солнечной системе для своеобразных форм жизни могут оказаться пригодными Венера и Марс.

Существование белковых организмов возможно лишь при определенных условиях (например, определенный интервал температур). Если дальнейшие наблюдения подтвердят, что температура на поверхности Венеры несколько сотен градусов (по Цельсию), то трудно в дальнейшем надеяться обнаружить существование жизни на этой планете.

Физические условия на Марсе чрезвычайно суровы. Они приближаются к тем, которые мы встретили бы, если бы на Земле можно было найти высокогорное, почти безводное плато, расположенное не ниже 18 км над уровнем моря. Однако нельзя пренебрегать возможностями организмов приспосабливаться к невероятно «тяжелым» условиям. Имеющиеся в настоящее время доказательства наличия жизни на Марсе (например, сезонные изменения на поверхности планеты) относятся только к существованию своеобразной растительной жизни на Марсе, конкретные формы которой могут оказаться совершенно необычными для нашей земной биологии. Окончательное выяснение разнообразных вопросов, связанных с существованием жизни на планетах Солнечной системы, неотделимо от осуществления межпланетных полетов.

Необходимо подвергнуть резкой критике антинаучные сенсационные гипотезы о пришельцах из космоса, которые якобы когда-то прилетали на Землю. В настоящее время нет ни одного неопровержимого доказательства достоверности этой версии.

Задание на дом: 1) § 38—40.

2) 24 июля 1964 г. координаты Луны были: $\alpha = 19^{\circ}37^{\text{M}}$ и $\delta = -23^{\circ}24'$. Приблизительно определить момент верхней кульминации Луны, ее высоту в момент кульминации и фазу.

3) В каком созвездии наблюдался Марс во время последнего великого противостояния (10 сентября 1956 г.), если его координаты были: $\alpha = 23^{\circ}27^{\text{M}}$, $\delta = -10^{\circ}04'$? На какой высоте Марс кульминировал в это время?

Урок 22

Проверочная работа № 6 (15 мин)

В а р и а н т 1

1. Зная среднее расстояние от Земли до Луны и эксцентриситет лунной орбиты (0,055), вычислить расстояние до Луны в апогее и перигее.

2. Чем отличается строение поверхности видимой стороны Луны от ее обратной стороны?

В а р и а н т 2

1. 22 сентября 1964 г. координаты Луны были: $\alpha = 0^{\text{h}}11^{\text{m}}$ и $\delta = -4^{\circ}18'$. В какой фазе видна Луна?

2. Указать характерные особенности планет земной группы.

В а р и а н т 3

1. Объяснить смену лунных фаз.

2. Какие планеты и в каких созвездиях можно наблюдать сегодня вечером?

В а р и а н т 4

1. 26 ноября 1964 г. координаты Луны были: $\alpha = 10^{\text{h}}09^{\text{m}}$ и $\delta = +16^{\circ}34'$. В какой момент времени и на какой наибольшей высоте наблюдалась Луна?

2. Почему с Земли видна лишь одна сторона Луны?

В а р и а н т 5

1. Каковы основные закономерности строения Солнечной системы?

2. При каких условиях может произойти кольцеобразное затмение Солнца?

Тема: Физическая природа планет-гигантов

Цель урока: рассказать об особенностях физической природы планет-гигантов.

Наглядные пособия: таблица «Планеты», диафильм «Планеты и малые тела Солнечной системы», диапозитивы (вид Юпитера в телескоп, Сатурн и его кольца), учебный кинофильм «Солнечная система» (часть 2), кинофрагмент «Движение спутников Юпитера», теллурий или прибор Кандаурова.

П л а н у р о к а:

1. Вид в телескоп планет-гигантов.

2. Физические условия на планетах-гигантах.

3. Понятие о строении планет-гигантов.

1. Описание вида Юпитера или Сатурна в телескоп зависит от того, удалось ли учащимся самим наблюдать в телескоп эти планеты. Если наблюдения проводились, то учителю достаточно дополнить рассказы учащихся о своих наблюдениях. Если наблюдения еще провести не удалось, то, используя рекомендуемые наглядные пособия и рисунки 76 и 78 учебника, рассказываем о том, что видно в телескоп на этих планетах. Вторую часть кинофильма «Солнечная система» демонстрируем не полностью (до кадров, посвященных кометам и метеорным телам). Кинофрагмент «Движение спутников Юпитера» напомним учащимся об открытии первых четырех спутников Юпитера, покажет их наблюдаемое движение и взаимное пространственное расположение. Заключительные кадры кинофрагмента посвящены разъяснению известного учащимся из курса физики метода определения скорости света (по Ремеру).

При рассмотрении фотографий Юпитера и Сатурна обращаем внимание на изменчивость полос и деталей атмосфер этих планет, а также на заметное сжатие, являющееся следствием быстрого вращения планет-гигантов вокруг их осей. Показывая кольца Сатурна, отмечаем, что их толщина, согласно данным последних исследований, составляет всего несколько сантиметров. Изменение вида колец Сатурна объясняем по рисунку 79 учебника.

2. Используя теллурий или прибор Кандаурова, устанавливаем, что благодаря особенностям расположения осей Юпитера и Урана на первой из этих планет смены времен года нет, а на второй, наоборот, происходит резкая смена времен года. Рисунок 78 позволяет объяснить, почему у земного наблюдателя создается впечатление, будто бы Уран и его спутники вращаются в противоположных направлениях.

Низкие температуры на планетах-гигантах необходимо связать с удаленностью этих планет от Солнца. Устойчивость атмос-

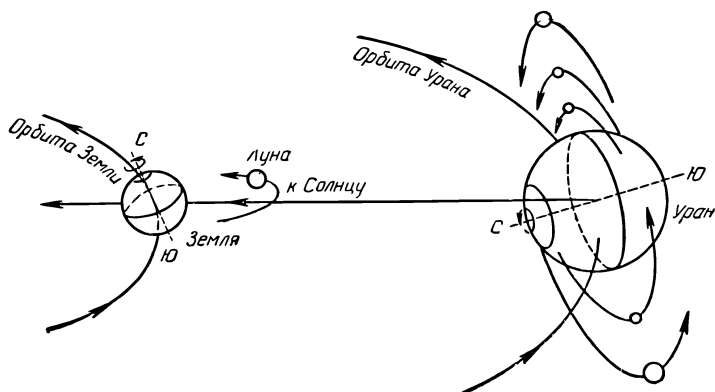


Рис. 78. Схема вращения Урана и его спутников.

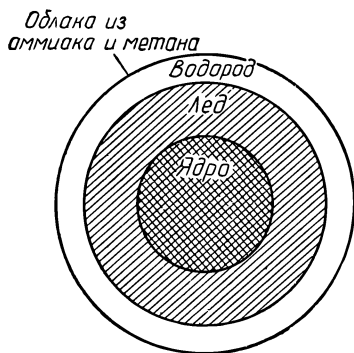


Рис. 79. Предполагаемое строение Юпитера.

фер планет-гигантов обеспечивается, во-первых, их низкой температурой, при которой средние скорости движения молекул невелики, во-вторых, для массивных планет-гигантов значения параболических скоростей достигают: для Юпитера — 61 км/сек, Сатурна — 37 км/сек, Урана — 22 км/сек, Нептуна — 25 км/сек. Поэтому даже утечка водорода практически исключена из огромных атмосфер планет-гигантов. Как показывают спектроскопические исследования, водород и его соединения (метан и аммиак) являются

основными компонентами атмосфер планет-гигантов. Из-за обширных атмосфер, охваченных мощными турбулентными течениями, невозможно рассмотреть что-либо на «поверхности» планет-гигантов.

Из последних открытий, относящихся, например, к Юпитеру, полезно отметить открытие мощного радиационного пояса вокруг этой планеты.

3. Для вычисления средней плотности планеты величину ее массы делят на заведомо преувеличенный (из-за обширной атмосферы) объем. В результате средние плотности планет-гигантов оказываются иногда меньшими, чем плотность воды (§ 41).

Описанная в учебнике модель строения планет-гигантов (рис. 79) пока еще не является общепризнанной. По другим гипотезам планеты-гиганты представляют собой газовые шары с быстро растущей к центру плотностью.

Надо полагать, что не только загадки Венеры и Марса, но и тайны планет-гигантов будут раскрыты благодаря дальнейшему прогрессу в области космонавтики.

В заключение урока полезно сделать следующие выводы из рассмотрения физической природы планет Солнечной системы:

а) Планеты качественно отличаются от звезд. Они не являются самосветящимися телами и свое тепло почти целиком получают от Солнца.

б) Данные о физической природе планет показывают полную абсурдность измышлений астрологов о сверхъестественном влиянии планет на судьбы людей.

в) Наличие атмосфер планет тесно связано с их массами, размерами и температурами.

г) Смена времен года на той или иной планете зависит от наклона оси планеты к плоскости ее орбиты.

д) Существование жизни на планетах зависит от комплекса физических условий на данной планете. Кроме Земли, наиболее благоприятной для жизни планетой Солнечной системы можно считать Марс¹.

Задание на дом: § 41, 42².

Урок 23

Тема: Природа комет и метеорных тел

Цель урока: дать научное объяснение таким небесным явлениям, как «хвостатые звезды», «падающие звезды», падение «небесных камней».

Наглядные пособия: таблицы: «Кометы и метеоры» и «Солнечная система» или диафильм «Планеты и малые тела Солнечной системы» или диапозитивы (общий вид кометы, комета Аренда-Ролана, орбиты кометы Галлея и Энке, образование кометного хвоста, фотография метеоров, звездный дождь, падение Сихотэ-Алинского метеорита), учебный кинофильм «Метеоры и метеориты», кинокольцовка «Движение кометы вокруг Солнца».

П л а н у р о к а:

1. Строение комет и их физическая природа.
2. Движение комет.
3. Связь распада комет с метеорными потоками.
4. Метеориты и значение их исследования.

1. Разъяснение физической природы малых тел Солнечной системы имеет решающее значение для преодоления связанных с ними многочисленных предрассудков. Кометы издавна считались вестниками грядущих бедствий (войн, эпидемий, неурожая и т. д.), а появление некоторых комет (например, кометы Галлея) сопровождалось сенсационными сообщениями о приближении «конца света». С «падающими звездами» раньше связывали смерть человека, а упавшие с неба камни — метеориты — служили предметами религиозного поклонения.

В отличие от Луны и планет небесные явления, с которыми учащиеся знакомятся на данном уроке, довольно редко доступны непосредственным наблюдениям. Поэтому необходимо особое внимание уделить демонстрации картин и фотографий, позволяющих учащимся представить себе то, о чем рассказывает учитель. Здесь прежде всего весьма полезными будут таблицы «Кометы и метеоры» и фрагмент «Кометы» рекомендуемого диафильма, на которых изображен ряд замечательных комет: Мркоса (1957 г.), Донати (1858 г.), Галлея (в ее появлении 1910 г.), Морхауза (1908 г.), Аренда-Ролана (1957 г.).

¹ Вопросам астробиологии посвящена книга К. А. Любарского «Очерки по астробиологии», Изд-во АН СССР, 1962.

² § 42 — «Малые планеты-астероиды» — не требует специальных пояснений.

От показа общего вида комет переходим к разъяснению их строения (§ 43). Далее рассказываем о размерах, массах и химическом составе комет. Отмечаем, что, несмотря на огромные размеры комет, их массы не превышают масс небольших планетоподобных тел (астероидов), движущихся между орбитами Марса и Юпитера. В основном массы комет сосредоточены в их ядрах, имеющих в поперечнике всего лишь несколько километров. Ядра комет скорее всего представляют собой льдины из легкоплавких веществ, являющихся в обычных земных условиях газами (метан, аммиак, углекислый газ и др.), с вкраплением тугоплавких каменных и даже железистых частиц и пылинок разных размеров. Туманная газовая оболочка появляется вокруг ядра по мере приближения кометы к Солнцу. Ее образование, вероятно, связано с испарением льдов ядра. Нередко газы и пыль, выбрасываемые из ядра кометы, образуют чрезвычайно разреженные кометные хвосты. Исследования последних лет свидетельствуют о том, что во многих ядрах происходят активные «взрывные процессы». В качестве примера можно указать комету Морхауза, вид которой почти полностью изменился в течение нескольких дней. Используя фотографии комет, можно указать типы кометных хвостов, упоминаемые в учебнике. Это, во-первых, прямые плазменные хвосты, состоящие из ионизованных азота и окиси углерода. Такой хвост имела, например, комета Галлея. Во-вторых, сильно искривленные пылевые хвосты, состоящие из мельчайших пылинок со средними размерами около 10^{-5} см (хвосты комет Донати, Мркоса). На примере комет особенно наглядно обнаруживается влияние Солнца на приближающиеся к нему небесные тела: Солнце не только обуславливает движение комет, но и вызывает испарение кометных ядер, ионизацию и холодное свечение газов в кометах. Кроме того, взаимодействие сил притяжения и отталкивания, действующих со стороны Солнца на частицы кометных хвостов, обуславливает форму хвостов комет. Значительный интерес представляет исследование взаимодействия кометных хвостов с солнечным ветром. С изменением размеров и формы хвоста кометы учащиеся могут познакомиться при просмотре кинокольцовки «Движение кометы вокруг Солнца».

2. Необходимые для учащихся сведения о движении комет имеются в § 43 учебника. Желательно не только указать на отличие орбит комет от орбит планет (таблица «Солнечная система»), но и выделить короткопериодические и долгопериодические кометы (диафильм).

Границы Солнечной системы, по-видимому, простираются далеко за орбиту Плутона в область, где находятся афелии долгопериодических комет. Полезно сообщить, что ежегодно открывают около десяти комет (рекордное число открытых комет — 14 — было достигнуто в 1960 г.). Нередко кометы открывают любители астрономии.

3. Периодические возвращения комет к Солнцу позволяют

проследить эволюцию комет. Распад комет показан на таблице «Кометы и метеоры», а взаимное расположение орбиты метеорного потока Персеид и орбиты Земли изображено на одном из кадров диафильма (фрагмент «Метеоры и метеориты»). Когда Земля при своем орбитальном движении проходит через метеорный поток, можно наблюдать значительное количество метеоров (ночью — визуально и фотографически, круглосуточно в любую погоду — с радиолокационными установками). В последнее время метеорные потоки регистрируются аппаратурой автоматических межпланетных станций.

Физическую сущность метеоров, т. е. явления вспышки крошечного метеорного тела в земной атмосфере, разъясняем, следуя § 44.

Значение изучения метеоров в настоящее время возросло в связи с космическими полетами. Частицы могут сталкиваться с обшивкой корабля со скоростью в десятки раз большей, чем скорость ружейной пули. В месте столкновения возникает крошечный взрыв, приводящий к появлению в обшивке корабля едва заметной выщербины (таблица «Кометы и метеоры»). Разумеется, столкновение с крупными метеорными телами чревато более неприятными последствиями (например, разгерметизация корабля). Однако благодаря разреженности вещества в метеорных потоках и сравнительно небольшим размерам космического корабля вероятность встречи корабля с крупными частицами невелика. Хотя в космосе находилось большое количество советских и американских искусственных спутников Земли и космических ракет, лишь в единичных случаях выход из строя какого-либо узла космической аппаратуры приходилось объяснять встречей с крупной метеорной частицей. О незначительной метеорной опасности свидетельствуют, в частности, данные, полученные с ИСЗ-III.

4. От рассказа о метеорных телах и метеорах переходим к вопросу о метеоритах (§ 45). Земля при своем движении может встретиться с метеорным телом значительных размеров. При этом будет наблюдаться исключительно яркий метеор (болид), а на Землю может выпасть один или несколько осколков метеорного тела (метеорит). Обоожествление метеоритов и поклонение им (например, «черный камень» в храме Кааба) связано с непониманием физической природы «небесных камней». В данном месте Земли падение метеорита — явление редкое, хотя ежегодно на Землю, вероятно, выпадает не менее 20 000 *t* метеорного вещества.

С внешним видом железных и каменных метеоритов можно ознакомиться по фотографиям, имеющимся на наглядной таблице и диафильме. Подчеркиваем, что метеориты пока единственные небесные тела, которые ученые могут обстоятельно исследовать в своих лабораториях. Изучение метеоритов имеет важное значение для выяснения вопроса о происхождении и эволюции Солнечной системы.

Философское и атеистическое значение исследования метеоритов состоит в том, что метеориты («небесные камни») состоят из хорошо известных на Земле химических элементов, что опровергает выдуманное церковниками деление на «земное» и «небесное».

В заключение урока можно кратко рассказать о Тунгусском (1908 г.) и Сихотэ-Алинском (1947 г.) метеоритах. Указываем на полную несостоятельность до сих пор распространяемой версии о том, что тунгусское явление было связано с катастрофой «атомного» корабля, принадлежащего жителям другой планеты.

Если в распоряжении учителя имеется учебный кинофильм «Метеоры и метеориты», содержащий ценный наглядный материал по теме урока, то демонстрация кинофильма позволит значительно сократить рассказ о метеорах и метеоритах.

В связи с темой данного урока желательно провести экскурсию в научные и научно-просветительные учреждения, в которых можно познакомиться с коллекцией метеоритов (обсерватории, минералогические музеи, планетарии).

Задание на дом: 1) § 43—45.

2) Радиант метеорного потока Леонид, ежегодно наблюдаемого 14 ноября, находится в созвездии Льва. В какое время суток возможны визуальные наблюдения метеоров этого потока?

3) Оценить минимальную ширину метеорного потока Персеид в километрах, зная, что метеоры этого потока наблюдаются с 16 июля по 22 августа.

Урок 24

Тема: Физическая природа Солнца

Цель урока: изложить общие сведения о Солнце и физических процессах, происходящих на нем.

Наглядные пособия: таблица «Солнце» (или диафильм «Строение Солнца»), диапозитивы (изменения в солнечных пятнах, строение Солнца, солнечный протуберанец, солнечная корона в разные годы).

П л а н у р о к а:

1. Общие сведения о Солнце.
2. Вид Солнца в телескоп. Вращение Солнца.
3. Температура Солнца. Химический состав и физическое состояние вещества на Солнце.
4. Фотосфера Солнца.
5. Хромосфера и корона.
6. Понятие о внутреннем строении Солнца.
 1. В начале урока, используя материал § 46, отмечаем:
 - а) исключительную роль Солнца — источника жизни на Земле;
 - б) значение исследования природы Солнца, являющегося небесным телом, качественно отличным от планет;
 - в) распространенность и основные причины культа Солнца.

Общее представление о природе Солнца формируется на основе имеющихся в учебнике сведений о его размерах, массе и температуре.

Основные наглядные пособия — таблицы, подбор и размещение материала которых соответствуют наиболее целесообразному построению уроков. Если таблиц нет, можно использовать диафильм (или диапозитивы).

Числовой материал следует пояснить примерами. Время полета от Земли до Солнца реактивного самолета — 17 лет (средняя скорость 1000 км/сек). Расстояние, равное примерно радиусу Солнца (700 000 км), корабль «Восток-2», летевший с первой космической скоростью, пролетел за 25 ч орбитального полета.

В сравнении с массой Земли и общей массой планет сообщаем о массе Солнца. Установление истинных размеров и массы Солнца в свое время имело большое значение в подтверждении учения Коперника, так как оказалось отвергнутым представление о «маленьком» и «легком» Солнце, вокруг которого трудно было представить движение «огромной» Земли.

2. Дальнейшее изложение связываем с наблюдениями учащихся. Демонстрируя фотографию фотосферы Солнца, обращаем внимание на явление потемнения к краю диска и наличие пятен и факелов. Вращение Солнца учащиеся могут обнаружить в результате нескольких наблюдений солнечных пятен. Последовательные фотографии (или зарисовки) Солнца помогают на уроке пояснить его вращение (таблица «Солнце»). Пятнам, находящимся на разных угловых расстояниях от солнечного экватора, требуется различное время для совершения одного оборота вокруг оси Солнца. Соответствующий чертеж приводится в таблице «Солнце», а его подробное объяснение дано в методическом руководстве к таблицам.

3. Многие ошибочные взгляды прошлого времени на природу Солнца объясняются тем, что люди плохо представляли себе температуру поверхности Солнца и совершенно ничего не знали о температуре солнечных недр. Приведенные в учебнике значения температуры фотосферы и недр Солнца соответствуют современным астрономическим данным. Вопрос о состоянии вещества на Солнце является естественным развитием вопроса о температуре Солнца, поскольку уже при температуре поверхности Солнца (6000° С) вещество не может находиться не только в твердом, но и в жидком состоянии (сравнить с температурой плавления наиболее тугоплавкого металла вольфрама — 3660°, карбида тантала — 3900°).

Представление о газообразном (точнее, плазменном) состоянии вещества на Солнце основывается на определении температуры Солнца и исследовании химического состава Солнца по его спектру. В учебнике приведены данные о химическом составе атмосферы

Солнца. В центральных областях Солнца водорода примерно 30% (по массе), а в среднем водород, видимо, составляет около 70% массы всего солнечного вещества.

Подчеркиваем, что никаких неземных элементов Солнце не содержит. Имеется большое сходство в относительном содержании металлов в солнечной атмосфере и на Земле. В то же время относительное содержание легких элементов на Земле и в атмосфере Солнца, в основном состоящей из водорода, различно.

4. При характеристике деталей фотосферы используем фотографию участка фотосферы, помещенную на таблицу «Строение Солнца».

Размеры гранул (или, вернее, групп гранул), видимых на данной фотографии, — от 300 до 2000 км. Продолжительность существования отдельных гранул 1—2 мин. Следовательно, гранулы — весьма неустойчивые образования неправильной формы, т. е. фотосфера находится в непрерывном турбулентном движении.

Рассказ о солнечных пятнах начинаем с обобщения данных наблюдений, свидетельствующих не только о наличии отдельных пятен и групп, но и о непрерывном их изменении. На таблице «Строение Солнца» хорошо видно, что даже за сравнительно небольшой промежуток времени вид группы заметно изменился.

Пятна, появляющиеся довольно неожиданно и исчезающие через некоторое время, не связаны с охлаждением Солнца, а, наоборот, свидетельствуют о грандиозных активных процессах, происходящих на нем. Говоря о размерах пятен, отмечаем, что наибольшие из них очень велики. Так, 8—17 марта 1947 г. наблюдалось пятно, диаметр которого был равен 214600 км, т. е. почти в 17 раз больше диаметра Земли. Основываясь на наблюдениях учеников, объясняем (по зарисовкам или фотографии участка фотосферы с пятнами) строение отдельных пятен и групп.

Далее переходим к вопросам природы солнечных пятен. Изучение солнечных пятен позволило не только определить температуру пятен (4300—4800° С), открыть их магнитные поля, но и доказать, что пятна — это своеобразные фотосферные «воронки», в которых газ находится в медленном вихревом движении. Еще недавно пятна сравнивались с гигантскими вихрями, подобными земным циклонам. Однако сейчас выяснилось, что пятна — это наиболее спокойные области фотосферы, в которых сильное магнитное поле замедлило конвекцию вещества. Магнитное поле является основным свойством пятен, а может быть, и причиной их образования.

Краткое ознакомление с факелами начинаем с показа их внешнего вида на фотографии поверхности Солнца (таблица «Солнце»). Факелы в виде светлых площадок лучше всего заметны на краях солнечного диска. В отличие от пятен они образуются в верхних слоях фотосферы, и их температура выше температуры фотосферы

на 100—300°К. Факелы всегда окружают пятна, причем они появляются раньше, а исчезают позднее пятен. В местах, где наблюдаются факелы, видимо, происходит усиленная конвекция вещества.

5. Непосредственное наблюдение резко очерченного края солнечного диска создает впечатление, будто фотосфера — самый верхний слой Солнца. Однако достаточно взглянуть на фотографию Солнца, полученную во время полного солнечного затмения (таблица «Строение Солнца»), чтобы убедиться в ошибочности этого представления. При рассмотрении рисунка солнечной атмосферы обращаем внимание учащихся на хромосферу и корону — основные «ярусы» атмосферы Солнца. Наличием солнечной атмосферы обусловлены фраунгоферовы линии солнечного спектра, образующиеся при поглощении и рассеянии излучения фотосферы нижними слоями солнечной атмосферы.

При характеристике хромосферы недостаточно ограничиться описанием ее вида и химического состава. Указываем, во-первых, на то, что хромосфера еще в большей степени, чем фотосфера, находится в непрерывном движении, и, во-вторых, сообщаем, что температура верхних слоев хромосферы значительно выше температуры фотосферы и достигает 10—30 тыс. град. Своей красноватой окраской хромосфера обязана излучению водорода в наиболее сильной линии H_{α} (6563 Å).

Рассказ о протуберанцах начинаем с рассмотрения их вида на фотографии, полученной во время полного затмения или вне затмения со специальными инструментами. Представление о масштабах явления учащиеся получают благодаря сравнению размеров протуберанцев с размерами Земли и рассмотрению ряда фотографий быстро развивающегося протуберанца. Необходимый наглядный материал содержится в таблице «Строение Солнца» и в учебнике.

Обращаем внимание на вспышки — гигантские взрывы в атмосфере Солнца, сопровождающиеся стремительным увеличением яркости областей Солнца площадью в десятки миллиардов квадратных километров и интенсивным инфракрасным, коротковолновым и корпускулярным излучением. Например, вспышка, наблюдавшаяся 23 февраля 1956 г., соответствовала взрыву миллиона водородных бомб. Таблица «Строение Солнца» содержит три последовательные фотографии одной и той же вспышки с указанием моментов времени фотографии. Интересные наблюдательные и теоретические работы по исследованию вспышек выполнены на Крымской астрофизической обсерватории. Вспышки особенно часто появляются в областях распадающихся или растущих многоядерных групп пятен. В последнее время по изменению магнитных полей пятен в ряде случаев удалось предсказать появление вспышек, что важно для обеспечения безопасности полетов человека в космос.

Показывая вид солнечной короны (таблица «Строение Солнца»), отмечаем, что корона представляет единственную возможность наблюдать в естественных условиях высокотемпературную плазму.

Аномально высокая температура короны (1—1,5 млн. град) подтверждается наличием в короне высокоионизированных атомов, радиоизлучением короны и т. д. Внутренняя корона представляет собой разреженную светящуюся газовую оболочку, состоящую из ионов и свободных электронов, а свечение внешней короны объясняется рассеянием света Солнца на метеорных пылинках, находящихся в пространстве между Землей и Солнцем. Радионаблюдения позволили открыть сверхкорону Солнца, еще более разреженную плазменную среду, чем «оптическая» корона, и простирающуюся на десятки солнечных радиусов над поверхностью Солнца.

6. Температура и давление в недрах Солнца (таблица «Строение Солнца») характеризуют условия, в которых происходят термоядерные реакции превращения водорода в гелий, сопровождающиеся выделением огромного количества энергии. Открытие термоядерного синтеза как источника энергии Солнца в дальнейшем поможет разрешить проблему управления термоядерными реакциями.

Рассказывая о разнообразных процессах и явлениях, происходящих на Солнце, нужно иметь в виду, что важны не столько сведения о каждом из них в отдельности, сколько их взаимосвязь. На Солнце появляются не изолированные образования (пятна, факелы, вспышки и т. д.), а целые активные области, охватывающие несколько ярусов Солнца — фотосферу, хромосферу и корону, причем важнейшей особенностью активной области является ее сильное магнитное поле. Схематический рисунок Солнца и его атмосферы (таблица «Строение Солнца») помогает сделать общие выводы по данному уроку и подчеркнуть связь разнообразных явлений в различных ярусах Солнца.

Задание на дом: 1) § 46, 47, 48 (2).

2) Принимая угловой диаметр солнечного пятна равным 17", 6, вычислить в километрах линейный диаметр пятна и сравнить его с диаметром Земли.

Урок 25

Урок начинаем с опроса. *Основные вопросы:*

- 1) Солнце как небесное тело (размер, масса, температура, вращение).
- 2) Строение Солнца (особенности строения фотосферы, атмосферы и недр Солнца).

Дополнительные вопросы:

- 1) Какова природа колец Сатурна?
- 2) Опасно ли столкновение Земли с кометой?
- 3) Что такое астероиды и где они в основном расположены в Солнечной системе?

Тема: Солнечная активность и ее земные проявления

Цель урока: дать понятие учащимся о проблеме «Солнце — Земля».

Наглядные пособия: таблицы: «Солнце», «Строение Солнца», «Солнечная активность и ее земные проявления» или диапозитивы (земные явления, связанные с солнечными пятнами, связь между числом солнечных пятен и геофизическими явлениями, гелиотехническая установка).

П л а н у р о к а:

1. Солнечная активность и ее цикличность.
2. Природа солнечного излучения.
3. Геофизические проявления солнечной активности.
4. Использование солнечной энергии.

1. Обобщая материал прошлого урока, вводим понятие о солнечной активности как о сложной совокупности тесно связанных между собой пятен, факелов, вспышек, протуберанцев, корональных областей, наблюдаемых в различных ярусах Солнца. Наиболее существенной особенностью солнечной активности является ее цикличность.

Представление об 11-летней цикличности солнечной активности даем на основе рассмотрения графика пятнообразовательной деятельности Солнца (таблица «Солнечная активность и ее земные проявления»). 11 лет — это средний промежуток времени между соседними максимумами солнечной активности. Поэтому правильнее говорить о цикличности солнечной активности, чем о ее периодичности. Указываем, что цикличность солнечной активности обнаруживается не только по количеству пятен, но ее можно проследить и по наблюдению факелов, вспышек, протуберанцев. Уместно показать фотографии или рисунки солнечной короны, соответствующие годам минимума и максимума солнечной активности.

Соседние 11-летние циклы тесно связаны между собой. Следуя учебнику, рассказываем об изменении магнитной полярности групп солнечных пятен на противоположную в год минимума солнечной активности (рис. 80). На рисунке видно, как с течением одиннадцатилетних циклов (верхняя часть) смещаются зоны, в которых на Солнце появляются пятна, и изменяется полярность пятен в группах.

2. Связь явлений на Солнце и Земле осуществляется посредством солнечного излучения. Излучение Солнца в видимой области спектра почти постоянно («солнечная постоянная» в достаточной мере оправдывает свое название). Наоборот, коротковолновое излучение Солнца (рентгеновское и ультрафиолетовое), а также корпускулярное и радиоизлучение имеют ярко выраженную 11-летнюю цикличность.

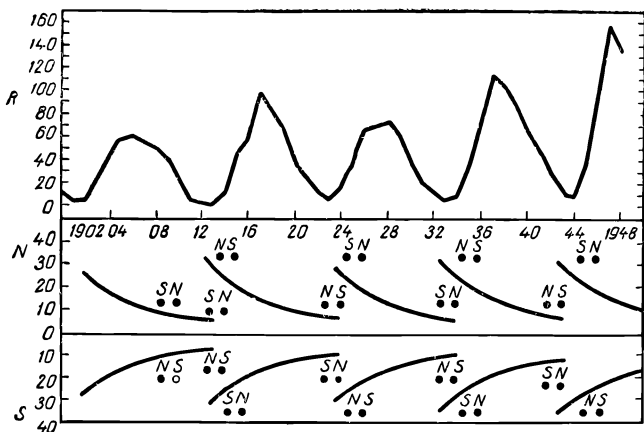


Рис. 80. Закон изменения полярности и циклы солнечных пятен (R — условные числа пятен).

3. Воспользуемся таблицей «Солнечная активность и ее земные проявления», ряд рисунков которой условно изображает некоторые геофизические явления, связанные с Солнцем (полярные сияния, отклонения магнитной стрелки, радиационный пояс Земли и др.). График, помещенный рядом с рисунками, показывает, что связь между земными явлениями и процессами на Солнце имеет не только качественный, но и количественный характер.

Из геофизических явлений, связанных с Солнцем, выделяем наиболее изученное в настоящее время воздействие Солнца на ионосферу и магнитное поле Земли. Проводимость ионосферы определяется наличием ионов и электронов, образующихся под действием излучения Солнца. Радиоволны частично проходят сквозь ионизированные слои атмосферы и поглощаются ею. Кроме того, неоднократно отражаясь от ионосферы и земной поверхности, они достигают радиоприемника. В период усиления солнечной активности условия радиоприема изменяются. Например, во время интенсивных вспышек на Солнце поглощение коротких волн в ионосфере увеличивается настолько, что коротковолновая радиосвязь полностью прекращается.

Изложение геомагнитных эффектов должно основываться на имеющихся у учащихся сведениях о постоянном магнитном поле Земли. Магнитные бури возникают в результате взаимодействия магнитного поля Земли с магнитным полем солнечного корпускулярного потока. Во время магнитных бурь наблюдаются отклонения магнитной стрелки компаса, а также полярные сияния. Представление о внешнем виде полярных сияний даем, используя цвет-

ной рисунок на таблице. В школах, расположенных в северных районах нашей страны, имеется возможность непосредственного наблюдения полярных сияний.

Далее указываем на важность проведения обширных комплексных исследований по программе Международного геофизического года (1957—1958 гг.) и Международного года спокойного Солнца (1964—1965 гг.). МГГ был приурочен к исключительно высокому максимуму последнего 11-летнего цикла солнечной активности, а МГСС — к минимуму этого же цикла.

4. Материал учебника позволяет охарактеризовать практическую неисчерпаемость запасов солнечной энергии. В настоящее время удастся использовать ничтожно малую часть энергии, получаемой Землей от Солнца. Научившись экономно использовать солнечную энергию, человек получит в свое распоряжение мощности в тысячу раз большие, чем те, которыми обладают крупнейшие гидроэлектростанции. Это относится не только к Казахстану и Средней Азии, но и ко многим другим районам нашей страны. Задача широкого использования солнечной энергии и преобразования ее в другие виды энергии (например, в электрическую) особо выделена Программой КПСС.

Современная гелиотехника, развивающаяся в Советском Союзе и за рубежом, располагает рядом способов использования солнечной энергии. Основной иллюстративный материал имеется в таблице «Солнечная активность и ее земные проявления», на которой изображены некоторые гелиотехнические установки:

а) Промышленная установка для получения высоких температур. В фокусе вогнутого зеркала устанавливают небольшие паровые котлы, плавят металл и т. д.

б) Установка типа «горячего ящика». Стекло, которым прикрыт ящик, свободно пропускает лучи видимой части спектра Солнца. Внутренняя поверхность ящика нагревается Солнцем, но образующееся тепловое излучение (далекая инфракрасная часть спектра) стекло почти не пропускает. Поэтому, обеспечив хорошую теплоизоляцию ящика, внутри него получают достаточно высокую температуру, позволяющую, например, нагревать воду в трубах, проложенных на дне ящика.

в) Полупроводниковые солнечные батареи, преобразующие солнечную энергию в электрическую и успешно применяемые на искусственных спутниках Земли и межпланетных автоматических станциях.

Изучение темы «Солнце» можно закончить показом учебного кинофильма.

Тема «Солнце» представляет большие возможности для разнообразных форм внеклассной и внешкольной работы, причем можно не только поставить доклады, но и организовать регулярные наблюдения Солнца. Необходимый материал можно найти в книгах: С. Б. П и к е л ь н е р, Солнце (Физматгиз, 1963); М е н з е л,

Наше Солнце (Физматгиз, 1963); Э л л и с о н, Солнце и его влияние на Землю (Физматгиз, 1959).

В связи с изучением темы «Солнце» нельзя упускать возможности провести экскурсию на астрономическую площадку планетария, обсерваторию, где проводятся наблюдения Солнца, актинометрическую станцию, а в южных районах страны желательнее показать учащимся действующую промышленную гелиотехническую установку.

Задание на дом: 1) § 48.

2)* Вычислить полное ежесекундное излучение Солнца (в эрг/сек и вт), зная величину солнечной постоянной и среднее расстояние Земли от Солнца. Сколько нужно сжечь каменного угля, чтобы получить такое же количество энергии?

3) Самостоятельно найти на звездном небе созвездия Большого Пса, Малого Пса и Близнецов.

Вопросы для повторения темы «Физическая природа тел солнечной системы»

1. Чем объясняется смена фаз Луны?
2. Почему с Земли видна одна сторона Луны?
3. Чем объясняются затмения Луны и Солнца?
4. Почему затмения не наблюдаются каждое новолуние и каждое полнолуние?
5. Каково среднее расстояние до Луны, до Солнца?
6. Во сколько раз Луна по диаметру и массе меньше Земли?
7. Чем отличается строение поверхности видимой и обратной стороны Луны?
8. Каковы физические условия на Луне?
9. Каковы основные закономерности движения планет и их спутников в Солнечной системе?
10. Какие небесные тела входят в состав Солнечной системы, кроме Солнца и планет?
11. Какие планеты относятся к земной группе?
12. Какие планеты относятся к планетам-гигантам?
13. Каковы характерные особенности планет каждой из групп?
14. Что представляют собой кометы?
15. Опасно ли столкновение Земли с кометой?
16. Как объяснить явление метеора?
17. Что такое метеориты и каково значение их исследования?
18. Каковы размеры и масса Солнца по сравнению с Землей?
19. В каком состоянии находится вещество на Солнце?
20. Какова особенность вращения Солнца?
21. Какие химические элементы преобладают на Солнце?
22. Какие явления наблюдаются в фотосфере и атмосфере Солнца?
23. Что такое солнечная активность?

24. Какова средняя продолжительность цикла солнечной активности?

25. Что является источником солнечной энергии?

26. Почему исследование солнечной активности имеет практическое значение?

27. Что такое гелиотехника?

Г л а в а VIII.

● ЗВЕЗДЫ И ЗВЕЗДНЫЕ СИСТЕМЫ. СТРОЕНИЕ ВСЕЛЕННОЙ

Вопросам звездной астрономии следует уделить особое внимание, поскольку именно они дают учащимся современное представление о строении Вселенной.

В процессе изучения материала некоторых предыдущих тем и проведения самостоятельных наблюдений учащиеся получили некоторые сведения о звездах, которые предстоит восстановить в памяти, систематизировать и углубить. Учащиеся уже умеют находить основные созвездия на небе, познакомились с различием звезд по блеску, имеют представление об определении расстояний до звезд. Наконец, закончено изучение физической природы и строения Солнца — единственной звезды Солнечной системы.

Краткие астрофизические характеристики, которыми учитель в свое время сопровождал показ на небе некоторых ярких звезд, способствовали постепенному формированию у учащихся представления о звездах как об огромных раскаленных газовых шарах. Следует еще раз указать на условность понятия небесной сферы, напомнив, что звезды находятся от нас на различных расстояниях. Уяснение вопроса об огромной удаленности звезд и их движении в пространстве позволяет учащимся понять, что «неподвижность звезд» — кажущееся явление. На протяжении веков неизменный вид звездного неба являлся будто бы наглядным подтверждением метафизических представлений, согласно которым небесные тела не претерпевают никаких изменений. Однако в настоящее время известно более 20 000 переменных звезд. Среди них имеются звезды, переменность блеска которых имеет совершенно различные причины. Разъяснение этих причин имеет не меньшее мировоззренческое значение, чем сам факт открытия переменных звезд. Изучение физических двойных звезд позволяет показать применимость к ним законов небесной механики, открытых Кеплером и Ньютоном. Кроме того, нужно иметь в виду важное космогоническое значение исследования двойных и кратных систем звезд, состоящее, видимо, в том, что звезды в этих системах образовались совместно и одновременно.

Как при изучении природы планет метод сравнения планет с Землей позволяет наиболее эффективно выявить их специфические особенности, так и при изучении природы звезд необходимо исходить из имеющихся у учащихся представлений о Солнце.

Целесообразно несколько изменить последовательность изложения материала данного раздела по сравнению с учебником, в котором понятие о нашей и других галактиках дается до того, как учащиеся познакомились с газово-пылевыми туманностями и межзвездной средой, являющимися важными элементами состава галактик.

Основой формирования представления о Галактике являются: вид звездного неба, наблюдение двойных и кратных звезд, звездных скоплений, туманностей, Млечного Пути, галактики в Андромеде, а также показ соответствующих фотографий, полученных на крупнейших астрономических обсерваториях. Галактика в Андромеде — наиболее «наглядная модель» нашей Галактики. Вместе с тем сведения о строении нашей Галактики лежат в основе ознакомления учащихся с другими галактиками.

При изучении вопросов звездной и внегалактической астрономии необходимо всюду, где это возможно, не ограничиваться перечислением наблюдательных фактов, а вскрывать закономерности в мире звезд и галактик, неизменно подчеркивать материалистическую идею познаваемости мира и его закономерностей.

Примерное планирование темы:

1. Основные физические характеристики звезд.
2. Двойные, переменные и новые звезды.
3. Звездные скопления. Диффузная материя.
4. Галактики. Бесконечность Вселенной.

При подготовке к урокам и внеклассным занятиям учителю будут полезны книги: С. А. Каплан, Физика звезд (Физматгиз, 1961); Б. А. Воронцов-Вельяминов, Просторы галактик (изд. «Знание», серия «Физика и химия», 1963, № 23); К. Ф. Огородников, Загадки космоса (Воениздат, 1963).

Урок 26

Тема: Основные физические характеристики звезд

Цель урока: дать учащимся понятие о многообразии звезд.

Наглядные пособия: демонстрационная подвижная карта звездного неба; пространственная модель расположения ближайших к Солнцу звезд, «Учебный звездный атлас», таблица «Звезды»; диапозитивы (расстояние до ближайшей звезды, сравнительные размеры Солнца, звезд-гигантов и звезд-карликов; диаграмма «спектр-светимость»).

П л а н у р о к а:

1. Светимость звезд.
2. Цвет и температура звезд.

3. Спектры и химический состав звезд.
4. Размеры, массы и средние плотности звезд.
- 5*. Диаграммы «спектр-светимость» и «масса-светимость».

1. В учебнике (§ 50) светимость вводится как отношение истинной силы света звезды к силе света Солнца. Физический смысл светимости выступает отчетливее, если указать, что светимость звезды есть полное количество ежесекундно излучаемой энергии. Учитывая, что в учебнике (§ 51) рассматривается определение температуры звезды по ее светимости, можно познакомить учащихся с формулой:

$$L = 4\pi R^2 \sigma T^4,$$

где L — полная (болометрическая) светимость звезды, R — радиус звезды, T — температура поверхности, σ — постоянная Стефана-Больцмана, равная $5,7 \cdot 10^{-5} \text{ эрг/см}^{-2} \cdot \text{сек}^{-1} \cdot \text{град}^{-4}$, $4\pi R^2$ — полная поверхность звезды, а σT^4 — количество энергии, излучаемой за 1 сек каждым квадратным сантиметром поверхности звезды в видимой, ультрафиолетовой и инфракрасной частях спектра. Видимый блеск звезды зависит не только от светимости, но и от расстояния до нее (рис. 81). Например, звезды большой светимости вследствие огромного расстояния до них кажутся слабосветящимися объектами (диапозитив). Затем учащимся сообщаем, что звезды по своей светимости могут значительно отличаться от Солнца (§ 50), и вводим понятие о звездах гигантах и карликах (§ 51).

Сравнивая светимость Солнца со светимостью гигантов и карликов, заключаем, что Солнце по своей светимости — обычная звезда.

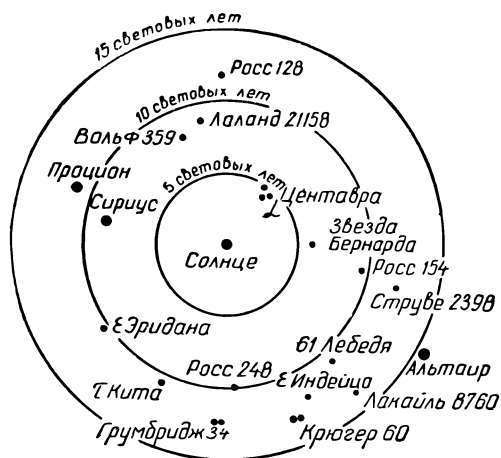


Рис. 81. Расстояния до ближайших звезд.

2. Основываясь на наблюдениях учащихся, можно напомнить, что Бетельгейзе значительно краснее других ярких звезд в созвездии Ориона; Альдебаран и Арктур — оранжевого цвета; Капелла — желтого; Вега и Сириус — белого. Называя звезды, показываем их на демонстрационной подвижной карте звездного неба или на звездном атласе. Поскольку цвет звезд обусловлен температурой звездных фотосфер, сравнение звезд по цвету позволяет сделать вывод о том, что существуют звезды, температуры поверхностей которых выше или ниже температуры поверхности Солнца.

В недрах звезд температуры достигают миллионов градусов. При таких температурах происходят термоядерные реакции, сопровождающиеся выделением огромного количества энергии. Таким образом, в отличие от планет звезды — это раскаленные плазменные шары, излучение которых поддерживается термоядерными реакциями, происходящими в их недрах.

3. Не вдаваясь в подробности классификации звездных спектров (таблица «Звезды»), называем лишь основные спектральные классы (А, G, M), соответствующие белому, желтому и красному цвету звезд. Примеры звезд класса А — Сириус, Вега; класса G — Солнце, Капелла; класса M — Бетельгейзе, Антарес.

Большинство звезд имеют в основном водородные атмосферы, остальные элементы, как правило (кроме гелия), содержатся в них в очень малых количествах. Поэтому разнообразие звездных спектров объясняется не столько различием химического состава звездных фотосфер, сколько различием их температур, от которых зависит состояние (степень ионизации) атомов химических элементов в плазменных атмосферах звезд.

4. Из формулы $L = 4\pi R^2 \sigma T$ можно найти радиус звезды, если известны ее светимость и температура. Для определения размеров звезд имеются и другие расчетные методы. Угловые диаметры подавляющего большинства звезд не поддаются измерению. Познакомив учащихся с данными о размерах звезд (§ 51), отмечаем, что по своим размерам Солнце также является обычной звездой.

В отличие от светимостей и размеров массы звезд сравнительно близки к массе Солнца: известно мало звезд, массы которых были бы больше или меньше массы Солнца в 10 раз.

Вопрос о средних плотностях звезд является естественным продолжением рассказа о размерах и массах звезд. При этом обращаем внимание на необычные для земных условий состояния вещества на гигантских звездах и в недрах белых карликов (§ 51).

До последнего времени считалось, что звезд с массами свыше 100 солнечных масс нет в природе. Однако открытия последнего времени советских и американских астрономов позволяют сделать вывод, что в природе существуют «сверхзвезды» колоссальных масс, достигающие 10^6 — 10^8 масс Солнца. Ученые заинтересовались несколькими радиоисточниками, не имеющими заметных угловых размеров («радиозвездами»). Отождествление с оптическими объекта-

ми обнаружило, что и последние являются точечными источниками. Расшифровка необычных спектров этих источников, обладающих яркими эмиссионными линиями, показала сходство спектров новых объектов со спектрами газовых туманностей, хотя никаких туманных образований обнаружить не удавалось. Линии в спектре были значительно смещены к красному концу, что означало удаление источников излучения со скоростями от 50 000 до 200 000 км/сек на расстояние от нас от 1,5 до 12 млрд. световых лет. Это, в частности, означает, что свет, достигший в настоящее время Земли, был излучен некоторыми из необычных объектов раньше, чем образовалась Солнечная система. Зная видимую звездную величину и оценив расстояние до «квазизвезд», астрономы определили их истинный блеск и светимость. Оказалось, что светимость источника ЗС-273 (номер 273 в третьем Кэмбриджском каталоге) порядка 10^{16} эрг/сек, что почти в сто раз больше светимости всей нашей Галактики и на 13 порядков превышает светимость Солнца!

По-видимому, блеск некоторых «квазизвезд» изменяется вдвое с периодом в 3 года и, кроме того, существуют кратковременные изменения блеска с периодом около 10 дней. Значит, размеры источника не могут быть более 10 световых дней, что неизмеримо мало по сравнению с размерами Галактики.

Открытие переменности блеска и оценка размеров необычных источников свидетельствуют о том, что, вероятно, это не система звезд, а компактное звездообразное тело («сверхзвезда», или «кварз»), природа которого еще не выяснена.

5*. На занятиях кружка полезно дать понятие о связи между основными физическими характеристиками звезд, представленными диаграммами «спектр-светимость» и «масса-светимость».

Диаграмма «спектр-светимость» (рис. 82) позволяет ответить на вопросы, может ли звезда определенной температуры и спектра (данного «спектрального класса») иметь любую светимость и, наоборот, может ли звезда с определенной светимостью иметь произвольную поверхностную температуру. Чем выше точка на диаграмме, тем большей светимости звезды она соответствует. Продвигаясь вправо по диаграмме, переходим от звезд наиболее горячих к сравнительно холодным. Звезды на диаграмме расположены не беспорядочно: большинство принадлежит главной последовательности, идущей от горячих и ярких звезд к холодным и слабым. Солнце находится в средней части главной последовательности. Обособленно на диаграмме располагаются области белых карликов и красных сверхгигантов.

Взаимосвязь светимостей и спектральных классов звезд является фундаментальной закономерностью в звездном мире.

Кривая рисунка 83, построенная для звезд главной последовательности, показывает зависимость светимости от массы звезд. Самыми массивными являются горячие звезды спектрального класса О. Чем меньше массы звезд главной последовательности, тем

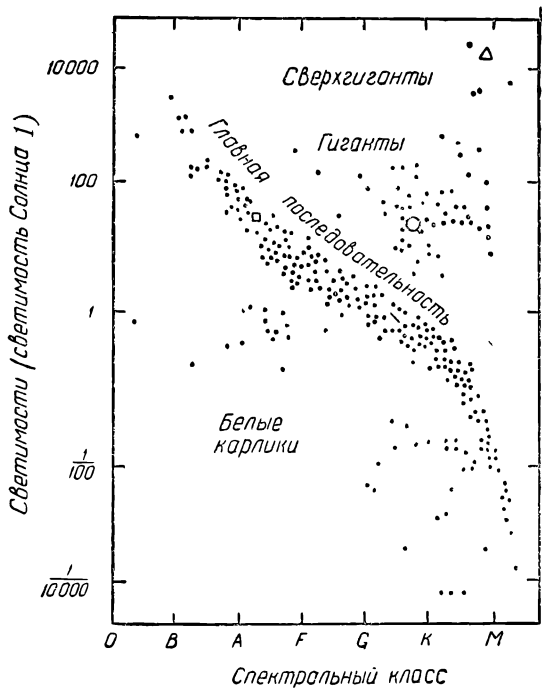


Рис. 82. Диаграмма «спектр-светимость» (диаграмма Герцшпрунга—Рессела).

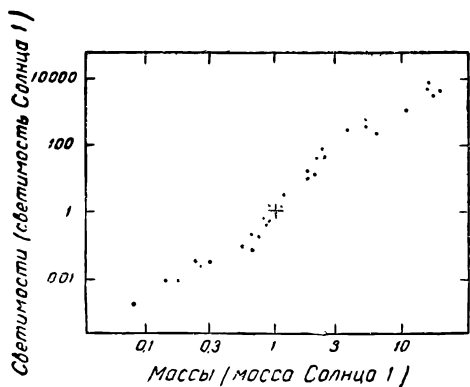


Рис. 83. Соотношение «масса-светимость». Крестиком обозначено Солнце.

меньше поверхностная температура и светимость звезд. Значит, по крайней мере для звезд главной последовательности, спектр звезды (и ее светимость) однозначно определяется массой.

В заключение урока, используя пространственную модель ближайших к Солнцу звезд, показываем, что в окрестности Солнца нет ни красных, ни голубых гигантов: наши ближайшие соседи — в основном красные карлики с небольшой светимостью, и лишь только четыре звезды превосходят Солнце по светимости и пять — по размерам. Из 49 звезд, удаленных от Солнца не более чем на 5 парсеков, только 9 видны невооруженным глазом, из которых учащимся известны Сириус, Прокцион, Альтаир. Следовательно, подавляющее большинство звезд, видимых невооруженным глазом, — это далекие звезды с большой светимостью.

Задание на дом: 1) § 49—51.

2) Параллакс звезды 61 Лебеда, у которой обнаружен темный спутник, равен $0''$, 37. Чему равно расстояние до нее в световых годах?

Урок 27

Тема: Двойные, переменные и новые звезды

Цель урока: рассказать о физической природе двойных и нестационарных звезд.

Наглядные пособия: демонстрационная подвижная карта звездного неба, пространственная модель ближайших к Солнцу звезд, наглядная таблица «Звезды» или диапозитивы (фотография переменной звезды, затменно-переменная звезда), «Учебный звездный атлас», кинофрагменты: «Двойные звезды» и «Переменные звезды».

П л а н у р о к а:

1. Физически-двойные и оптически-двойные звезды.
2. Понятие о физических переменных звездах.
3. Новые и Сверхновые звезды.

1. Рассмотрение двойных и кратных систем является логическим продолжением темы предыдущего урока, поскольку кратность свойственна многим звездам. Показ на пространственной модели ближайших к Солнцу звезд убедит учащихся в значительной распространенности двойных и кратных звездных систем: среди 49 ближайших к Солнцу звезд 22 входят в 10 кратных систем.

Визуально-двойные звезды необходимо показать учащимся в телескоп. Наглядное представление о двойных звездах дает кинофрагмент «Двойные звезды». Подавляющее большинство визуально-двойных звезд являются физически-двойными. В настоящее время известно примерно 50 000 визуально-двойных звезд, из которых наименьший период обращения имеет ϵ Кита (2_d, 62), а наиболее длинные периоды достигают нескольких тысяч лет (например, σ^2 Большой Медведицы имеет период около 11 000 лет). Говоря о различии цветов двойных звезд, необходимо указать, что

нередко это различие кажущееся и объясняется тем, что желтые и красные лучи яркой звезды утомляют глаз, и цвет спутника воспринимается подчеркнута контрастным дополнительным цветом.

Затменно-двойные звезды, плоскости орбит которых образуют небольшой угол с лучом зрения, рассматриваем на примере β Персея (§ 52). В настоящее время известно более 2800 затменно-двойных звезд с периодами от 1,5 ч до 57 лет.

Система Алголя и кривая блеска имеются на таблице «Звезды». Реальность изменения блеска Алголя (одной из первых открытых переменных звезд) долго не признавалась в результате безраздельного господства аристотелевского учения о неизменности небес.

При изучении двойных звезд полезно обратить внимание учащихся на систему ζ Б. Медведицы. Люди с нормальным зрением видят здесь две звезды (Мицар 2^m и Алькор 5^m), расстояние между которыми около $12'$. В 1611 г. Галилей открыл двойственность Мицара (ζ Б. Медведицы)¹.

Оказалось, что Мицар представляет систему двух звезд: Мицар-А ($2^m,4$) и Мицар-В ($4^m, 0$), расстояние между которыми около $14''$. В дальнейшем (1889 г.) при составлении каталога звездных спектров на Гарвардской обсерватории выяснилось, что в спектре Мицара-А наблюдается периодическое раздвоение линий, свидетельствующее о том, что Мицар-А не одиночная звезда, а система двух звезд, обращающихся вокруг общего центра масс (рис. 84). Наконец, в последнее время появилось сообщение о том, что Мицар-В представляет собой кратную (возможно тройную) систему.

Одним из пионеров изучения спектрально-двойных звезд был академик А. А. Белопольский. В настоящее время открыто более 1500 спектрально-двойных звезд с периодами от 4,7 ч до 60 лет.

Формы компонентов очень тесных пар двойных звезд могут значительно отличаться от шаровой. Так, компоненты звезды β Лиры имеют вид сильно вытянутых эллипсоидов вращения, причем газовые потоки, нередко устремляющиеся от одной звезды к другой, образуют расширяющееся газовое кольцо вокруг системы (рис. 85).

Важно подчеркнуть, что физически двойные звезды являются основным источником сведений о массах звезд, которые удается вычислить, применяя к системе двойной звезды и системе Солнце — Земля третий закон Кеплера в форме, полученной Ньютоном.

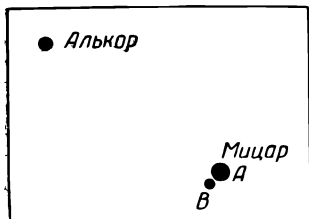


Рис. 84. Звездная система Мицар-Алькор. Мицар-А — спектрально-двойная звезда.

¹ Собственно, обозначение Б. Медведицы относится к Мицару, а Алькор обозначается: г Б. Медведицы.

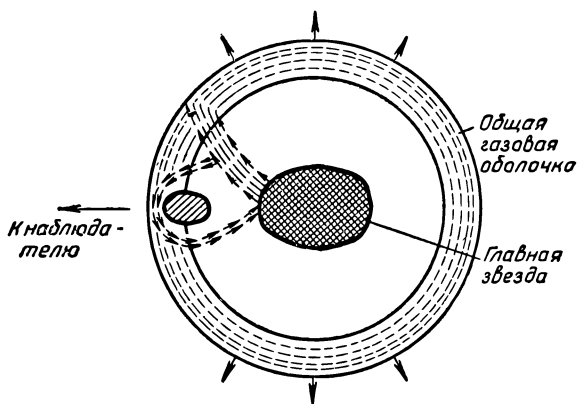


Рис. 85. Схема строения звездной системы β Лиры.

Из двойных звезд около $\frac{1}{3}$ более сложны. Так, ϵ Лиры («Учебный звездный атлас») состоит из двух двойных звезд: ϵ_1 Лиры и ϵ_2 Лиры, каждая из которых в свою очередь является тройной системой. Еще более сложная кратная система — так называемая Трапедия Ориона (ϕ Ориона).

Рассказ о кратных системах можно закончить указанием на важность поисков темных (невидимых) спутников звезд, т. е. планет, обращающихся вокруг звезд. В основном темные спутники обнаруживаются кропотливым изучением ничтожно малых периодических колебаний в движении главной звезды. В последние годы не только доказано, что звезды представляют собой такие же небесные тела, как и наше Солнце, но и обосновано наличие у них планетных систем.

2. В отличие от изученных ранее «стационарных» звезд физически-переменные являются одним из видов «нестационарных» звезд, у которых изменяются размеры, поверхностная температура, а следовательно, светимость и видимый блеск. Наглядное представление о некоторых «нестационарных» звездах дает кинофрагмент «Переменные звезды». Если определение расстояний до звезд навсегда разрушило представление о «сфере неподвижных звезд», за которой обычно церковники располагали «царство небесное», «жилище блаженных» и т. д., то открытие «нестационарных» звезд нанесло сокрушительный удар метафизическому представлению об извечной неизменности мира звезд, в котором якобы никогда и ничто не изменяется.

Необходимо познакомить учащихся с условными обозначениями двойных и переменных звезд на звездных картах и атласах, что позволит некоторым из них самостоятельно отыскать наиболее интересные объекты на небе.

Отметив, что физические переменные звезды могут быть правильными и неправильными, остановимся на цефеидах (§ 52). Блеск цефеид увеличивается при их сжатии, когда температура поверхности звезды возрастает. Кривая изменения блеска δ Цефея — первой изученной звезды указанного типа — показана на таблице «Звезды».

Цефеиды относятся к гигантам и сверхгигантам, причем, чем больше светимость, тем больше период долгопериодических цефеид. Эта зависимость (рис. 86) имеет принципиальное значение для определения расстояния до далеких звездных систем, в которых удастся открыть цефеиды. Таким образом, исследование переменных звезд не только углубляет представления о природе звезд, но и является одним из методов изучения строения Вселенной.

3. Важным аргументом в пользу тезиса диалектического материализма о «скачкообразных» изменениях, происходящих в природе, являются вспышки Новых и Сверхновых звезд. В недрах этих звезд постепенные количественные изменения приводят к качественно новому состоянию — вспышке звезды. «Обычная» звезда, например наше Солнце, несмотря на бурные процессы, происходящие в ее атмосфере, в целом стационарна.

В Новых и Сверхновых, вероятно, происходит «спад» внутренних слоев звезды к ее центру, что вызывает мощное выделение освобожденной потенциальной энергии тяготения, сопровождаемое катастрофическим взрывом. После того как было установлено, что Новые и Сверхновые существовали и раньше, делались попытки использовать это открытие для обоснования «конца света» в результате взрыва Солнца. На самом деле оснований для подобных опасений нет, поскольку вспыхивают массивные горячие звезды, к типу которых Солнце не принадлежит. Во время вспышки Новой объем звезды увеличивается в сотни раз; некоторая часть массы звезд-

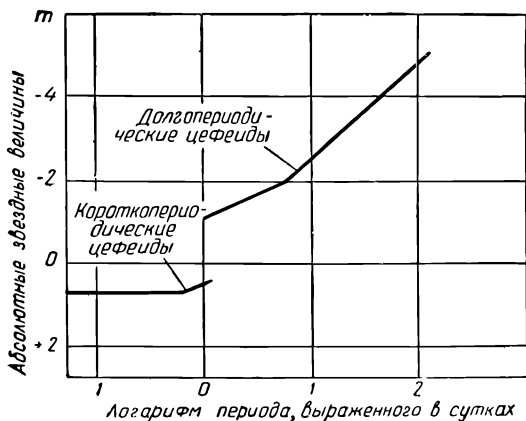


Рис. 86. Соотношение «период — абсолютная звездная величина» для цефеид.

ды выбрасывается в пространство, а после вспышки звезда возвращается в прежнее состояние.

Некоторые Новые могут вспыхивать повторно. Основываясь на данных наблюдений, советским астрономам Б. В. Кукаркину и П. П. Паренаго удалось в 1946 г. предсказать повторную вспышку новой Северной Короны, вспышка которой до этого наблюдалась в 1886 г.

Вспышки сверхновых звезд представляют очень редкое явление природы. За последние 500 лет в нашей Галактике наблюдались только две вспышки сверхновых: в 1572 г. вспышку сверхновой в созвездии Кассиопеи зарегистрировал Тихо Браге, а Кеплер в 1604 г. — в созвездии Змееносца. Вообще вспышки сверхновых в звездных системах, подобных нашей Галактике, наблюдаются раз в столетие. Нередко в течение суток светимость вспыхнувшей звезды увеличивается в сотни миллионов раз. При этом в пространство выбрасывается вещество со скоростью, достигающей нескольких тысяч километров в секунду. Газовые туманности, являющиеся мощными источниками радиоизлучения, представляют собой остатки вспышек Сверхновых звезд. Например, остатком взрыва Сверхновой 1054 является знаменитая Крабовидная туманность в созвездии Тельца («Учебный звездный атлас»).

Задание на дом: 1) § 52.

2) Каково должно быть наименьшее, теоретически допустимое, угловое расстояние между компонентами двойной звезды, при котором она будет видима в школьный телескоп?

3) Переменная звезда «удивительная» Кита—Мира (о Кита) в максимуме блеска достигает 2^m , 0, а в минимуме Мира 10^m , 1. Во сколько примерно раз она ярче в максимуме, чем в минимуме?

Урок 28

Урок начинаем с беседы, в ходе которой обсуждаем следующие вопросы:

- 1) В каком состоянии находится вещество на Солнце и звездах?
- 2) Какова особенность вращения Солнца вокруг оси?
- 3) Какие данные современной науки свидетельствуют о том, что Солнце — обычная звезда?
- 4) С какими физическими характеристиками звезд связана их светимость?
- 5) Чем объясняется изменение блеска звезд типа β Персея?
- 6) Чем объясняется изменение блеска цефеид?
- 7) Какие звезды называются Новыми и Сверхновыми?

Тема: Звездные скопления. Диффузная материя

Цель урока: дать понятие учащимся о звездных скоплениях, а также о диффузной материи.

Наглядные пособия: демонстрационная подвижная карта звездного неба, «Учебный звездный атлас», таблица «Звездные скопления, туманности, галактики» или диапозитивы (рассеянное звездное скопление, шаровое звездное скопление, диффузная туманность в созвездии Ориона, планетарная туманность в Лире).

П л а н у р о к а:

1. Звездные скопления.
2. Газовые и пылевые туманности.
3. Межзвездная среда.

1. При изложении первого вопроса отмечаем следующее:

а) Скопления представляют системы физически связанных между собой звезд. Фотографии характерных звездных скоплений есть в учебнике (рис. 98, 99), а также в «Учебном звездном атласе». Учащихся нужно познакомить с условными обозначениями звездных скоплений на звездных картах и таблицах.

б) По внешнему виду и количеству звезд, входящих в их состав, звездные скопления делятся на рассеянные и шаровые. Следуя § 53 учебника, приводим примеры тех и других скоплений.

в) Особый вид рассеянных звездных групп — «звездные ассоциации» — был открыт в 1947 г. академиком В. А. Амбарцумяном. Диаметры ассоциаций заключены между 30—200 парсеками. В центре ассоциаций нередко обнаруживаются кратные звезды типа Трапедии Ориона (♃ Ориона). Ассоциации объединяют в основном звезды определенных физических типов, например горячие гиганты (O-ассоциации). Оказалось, что ассоциации — это неустойчивые, расширяющиеся системы. Это имеет важное космогоническое значение.

2. Наряду со звездами и планетами вещество во Вселенной наблюдается в виде диффузной материи. Материал § 55 содержит все необходимые учащимся сведения о газово-пылевых туманностях. Подчеркиваем тесную связь газово-пылевых туманностей и звезд. Фотографии светлых (диффузных и планетарных) и темных туманностей есть в учебнике и таблице.

3. В межзвездных пространствах имеется крайне разреженный межзвездный газ, по своему химическому составу сходный с атмосферами звезд (водород, гелий и т. д.). Средняя длина свободного пробега атомов межзвездного газа все-таки значительно меньше расстояний между звездами. Поэтому, несмотря на ничтожную плотность межзвездного газа, его можно рассматривать как непрерывную среду, а не вакуум.

Важные сведения о природе межзвездного газа были получены современными радиоастрономическими наблюдениями межзвездного нейтрального водорода на волне 21 см. Теоретически еще в 1945 г. было предсказано, что нейтральные атомы водорода в условиях межзвездного пространства должны излучать спектральную линию с длиной волны 21 см. Открытие этого излучения позволило исследовать особенности движения межзвездного газа, его температуру, плотность, а также изучить распределение нейтрального во-

дорода в Галактике. Кроме нейтральных атомов, в межзвездной среде имеется электронно-протонная плазма, дающая сильное радиоизлучение. Несмотря на малую плотность, межзвездная среда приводит к заметному поглощению света далеких звезд, учет которого необходим для установления истинной картины пространственного распределения звезд и звездных систем.

Задание на дом: 1) § 53 (до описания Млечного Пути) и 55.

2) Планетарная туманность в созвездии Лиры имеет угловой диаметр $83''$ и находится от нас на расстоянии в 660 парсеков. Каковы ее линейные размеры в астрономических единицах?

3) Самостоятельно найти на звездном небе созвездия Льва и Волопаса.

Урок 29

Тема: Галактики. Бесконечность Вселенной

Цель урока: изложить основные современные сведения о нашей Галактике и дать понятие о других галактиках и их системах.

Наглядные пособия: демонстрационная карта звездного неба, «Учебный звездный атлас», таблицы: «Звездные скопления, туманности, галактики» и «Радиоастрономия», диафильм «Далекие миры — галактики» или диапозитивы (фотография Млечного Пути, строение Галактики, другие галактики, взаимодействующие галактики).

П л а н у р о к а:

1. Строение Галактики.
2. Многообразие галактик.
3. Системы галактик. Бесконечность Вселенной в пространстве.

1. Теперь, когда учащиеся уже знакомы с элементами состава Галактики (звезды, звездные скопления, газово-пылевые туманности), можно приступить к изучению Галактики в целом. Исходным пунктом изложения является рассказ о Млечном Пути. Карты «Учебного звездного атласа» и имеющаяся в нем фотография Млечного Пути дают учащимся представление об общем виде Млечного Пути. (Желательно, чтобы учащиеся сами увидели Млечный Путь осенью.) Начиная от созвездия Лебедя, Млечный Путь раздваивается: один из его рукавов проходит через созвездия Орла, Щита, Стрельца, а другой — через созвездия Лиры, Геркулеса и Скорпиона. Звезды, расположенные между этими рукавами, заслонены от нас темной пылевой материей.

Познание человека прошло большой путь от религиозных сказаний о том, что Млечный Путь — это «светлая дорога», ведущая в рай, что это место спая двух половинок шарообразного твердого неба и т. п., до открытия Галилеем звездной природы Млечного Пути и исследований его строения в XVIII—XX вв. Лишь в XX в., благодаря детальному учету поглощения света в межзвездном пространстве и исследованию физических характеристик и распределения в пространстве различных типов звезд, звездных скоплений и ту-

манностей, было в общих чертах выяснено строение Галактики. В изучение строения Галактики существенный вклад сделан советскими астрономами (Р. В. Куницким, П. П. Паренаго, Б. А. Воронцовым-Вельяминовым, Б. В. Кукаркиным и др.). Факт открытия Галактики и успехи в ее исследовании являются неоспоримым доказательством познаваемости материального мира.

2. Демонстрируя схему строения Галактики (таблица, диафильм), указываем, что Галактика — это сложная звездная система, в состав которой, кроме звезд (и обращающихся вокруг них планет), входят звездные скопления, облака диффузной газовой-пылевой материи и разреженная межзвездная плазма. Масса межзвездного газа в нашей Галактике — около миллиарда солнечных масс (менее 2% массы Галактики), а масса пылевой материи еще в несколько раз меньше. Галактика объединяет в единое целое почти все небесные тела, видимые невооруженным глазом. Кроме того, к Галактике относится множество звезд, звездных скоплений и газовой-пылевой туманностей, доступных наблюдению лишь в оптические инструменты (бинокль, телескоп). Следовательно, в существовании Галактики находит свое грандиозное проявление взаимосвязь предметов и явлений природы: «разрозненные» небесные тела и их системы оказываются в действительности физически связанными друг с другом.

Рассказывая о строении Галактики, полезно постепенно воспроизводить на доске схему Галактики, на которой можно условными знаками (точки, кружочки, звездочки, крестики и т. п.) изобразить звезды, звездные скопления, туманности. При этом сначала намечаем линзообразные контуры галактического диска. Затем заполняем диск звездами (множество точек), подчеркивая этим, что здесь находится основное количество звезд (свыше 100 млрд.). Вдоль экваториальной плоскости Галактики наносим условные обозначения рассеянных звездных скоплений (звездочки) и пылевых туманностей (крестики). Имея в виду, что диаметр галактического диска составляет примерно 26 000 парсеков, а Солнце располагается на расстоянии 8000 парсеков от центра и находится вблизи экваториальной плоскости Галактики, показываем на схеме положение Солнца в Галактике. Кружочки, изображающие шаровые звездные скопления, располагаем вне диска, но с таким расчетом, чтобы они заполняли сферу, диаметр которой совпадает с диаметром галактического диска. Разумеется, что в это сферическое «облако», кроме шаровых звездных скоплений и газовой галактической короны (гало), входит также значительное количество отдельных звезд (всего в Галактике около 150 миллиардов звезд).

Характерная особенность строения Галактики — ее спиральная структура (диапозитив). Спиральные ветви Галактики (согласно Б. А. Воронцову-Вельяминову) состоят из отдельных сгущений и узлов, в основном образованных горячими гигантами и газовыми туманностями. Радиоастрономические исследования межзвездного газа позволяют выявить спиральную структуру Галактики по

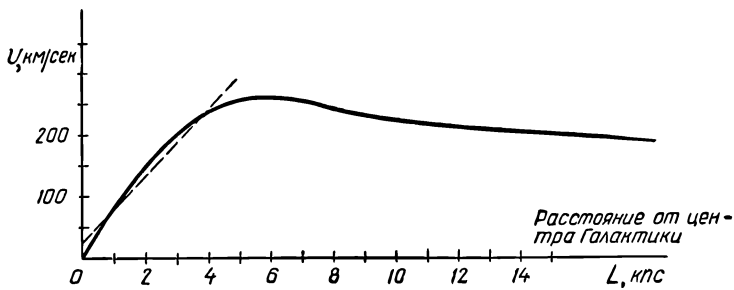


Рис. 87. Закон вращения Галактики.

распределению в ней нейтрального водорода (таблица «Радиоастрономия»). Полезно показать учащимся фотографию галактики в Андромеде, общий вид и спиральная структура которой позволят учащимся легче представить себе то, что они узнали о нашей Галактике.

Спиральные ветви Галактики окружают ее ядро, впервые сфотографированное советскими астрономами (В. Б. Никонов, А. А. Калинин, В. И. Красовский) в 1949 г. Поскольку значительная часть ядра загорожена от нас облаками темной материи, пришлось применить фотографирование в инфракрасных лучах с электронно-оптическим преобразователем. Ядро находится в направлении созвездия Стрельца и имеет угловой диаметр 9° , что соответствует линейным размерам не менее 1200 парсеков. Масса ядра составляет лишь несколько процентов массы Галактики. Поэтому вращение Галактики (рис. 87) существенно отличается от вращения, наблюдаемого в Солнечной системе, где основную массу вещества сосредоточивает в себе Солнце.

Данные о скорости и периоде обращения Солнца относительно центра Галактики есть в учебнике.

3. С открытием Галактики познание человеком окружающего мира вступило в качественно новую стадию, характеризующуюся тем, что теперь науке приходится оперировать с гигантскими пространственно-временными масштабами, не идущими ни в какое сравнение с привычными земными представлениями. На сегодняшний день уже доступно наблюдению около миллиарда галактик. Представителей основных типов галактик — спиральные, эллиптические и неправильные — показываем на таблице или диафильме. Подобно тому как Земля является обычной планетой, а Солнце — обычной звездой, наша Галактика — гигантская спиральная система — не является уникальным объектом в мире галактик. Доступная школьному телескопу галактика М31 также спиральная, но в школьный телескоп спиральную структуру рассмотреть не удастся. М-31 (знаменитая «туманность» Андромеды), оказавшаяся одной из ближайших к нам галактик, — это гигантская система, по своей массе и числу звезд превосходящая нашу Галактику.

Кроме фотографий немногочисленных галактик, у которых удастся наблюдать ярчайшие звезды, звездная природа галактик подтверждается также видом спектра, напоминающего спектр отдельной звезды (непрерывный спектр с отдельными линиями поглощения). Спектр данной галактики есть комбинация спектров, входящих в нее звезд. Кроме звезд, в состав других галактик входит большое количество газа и пыли. Космическая пыль в виде облаков простирается в некоторых галактиках почти до их центра. В некоторых неправильных галактиках (типа Магеллановых Облаков) масса межзвездной плазмы и пыли составляет 20—25% массы галактики. Исследования последних лет Б. А. Воронцова-Вельяминова и В. А. Амбарцумяна (СССР), Бааде и Цвикки (США) и других свидетельствуют о мощных выбросах из ядер некоторых галактик потоков сильно ионизированной светящейся плазмы, находящейся в бурном движении. Выбросы из ядер галактик — это одно из проявлений гигантских активных процессов, происходящих в их ядрах. При этом выделяется энергия порядка 10^{58} — 10^{59} эрг. Используя открытый Эйнштейном закон взаимосвязи массы и энергии, можно подсчитать, что этой энергии соответствует полная масса, содержащаяся в десятках тысяч таких звезд, как Солнце.

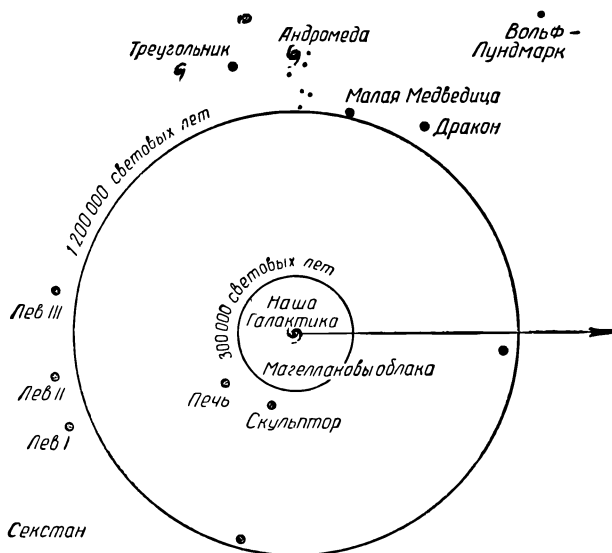
Активностью ядер галактик, их делением на части обусловлены процессы в «радиогалактиках» — гигантских галактиках, поток радиоизлучения которых несоизмеримо больше потока оптического излучения. Например, поток радиоизлучения галактики Лебедя-А (диафильм), наблюдаемой с расстояния 600 млн. световых лет как оптический объект 17-й звездной величины, на метровых волнах превышает поток радиоизлучения «спокойного Солнца».

Идея объяснения явлений в «радиогалактиках» взрывными процессами не сразу получила должное признание в науке. Советские ученые, стоящие на позициях материалистической методологии, сумели отказаться от представлений, согласно которым все существующее объяснялось только с точки зрения существования исходного диффузного, хаотического вещества, имеющего ничтожную плотность. Лет десять назад большинство ученых считало, что «радиогалактики» образуются в результате космических катастроф (столкновения галактик).

4. Галактики, как и звезды, обнаруживают тенденцию образовывать группы, простейшие из которых — двойные и кратные галактики. Среди двойных и кратных галактик наиболее интересны так называемые взаимодействующие галактики (диафильм), у которых, например, видно искажение форм вследствие взаимного притяжения и отталкивания.

Наша Галактика является тройной системой, в которую, кроме Галактики, входят Большое и Малое Магеллановы Облака, видимые на небе южного полушария (в созвездии Золотой Рыбы и Тукана) как два пятна, поверхностная яркость которых сходна с яркостью Млечного Пути.

Рис. 88.
 Схема Местной
 системы галактик.



Галактика в Андромеде также кратная. Она состоит из пяти компонентов.

Группа из 17 наиболее близких к нам галактик, включая нашу, образует Местную систему галактик (рис. 88), которая в свою очередь входит в еще более грандиозную систему галактик (Сверхгалактику).

Современные оптические телескопы позволяют проникнуть в глубины Вселенной примерно на 5 млрд. световых лет¹. Это значит, что во второй половине XX в. наблюдению доступен объем космического пространства примерно в 10^{14} раз больший, чем объем, занимаемый нашей Галактикой. Однако даже самые грандиозные из известных в настоящее время систем галактик, конечно, не тождественны с бесконечной в пространстве Вселенной. Область доступной наблюдению части Вселенной условно называют Метагалактикой.

Наблюдаемое удаление галактик («красное смещение») не есть расширение всей бесконечной Вселенной, а лишь явление, которое в настоящее время свойственно нашей Метагалактике. Применение новейших методов исследования непрерывно раздвигает границы Метагалактики, причем не обнаруживается никаких признаков «истощения» космических объектов, уменьшения их количества и т. д. (§ 56).

¹ Радиотелескопы позволяют получить сведения о еще более удаленных объектах.

Вывод о бесконечности Вселенной в пространстве в высшей степени оптимистичен, поскольку прогресс науки, развивающейся на нашей планете — крохотной пылинке мироздания, — должен вселять в учащих веру в неограниченные возможности человеческого разума.

Задание на дом: 1) § 53, 54, 56.

2) Сравните представления о строении Вселенной, которые были во времена Коперника, с современными.

Вопросы для повторения темы «Звезды и звездные системы. Строение Вселенной»

- 1) Что называется светимостью звезды?
- 2) От чего зависит светимость звезды?
- 3) Как отличаются звезды друг от друга по своим размерам, температурам поверхностей, светимостям, массам, скоростям вращения?
- 4) Чем отличаются спектры звезд?
- 5) Чем объясняется различие спектров звезд?
- 6) Каким образом современная наука обосновывает вывод о том, что Солнце является рядовой звездой?
- 7) Чем объясняется изменение блеска звезды β Персея?
- 8) Чем объясняется изменение блеска звезды δ Цефея?
- 9) Какие звезды называются Новыми и Сверхновыми?
- 10) Что представляет собой рассеянное звездное скопление?
- 11) Что представляет собой шаровое звездное скопление?
- 12) Что такое диффузная материя?
- 13) Что такое Галактика?
- 14) Каково строение Галактики?
- 15) Каково местоположение Солнца в Галактике?
- 16) Каковы ближайшие к нам галактики?

Г л а в а IX.

● ПРОИСХОЖДЕНИЕ И РАЗВИТИЕ НЕБЕСНЫХ ТЕЛ

Целью изучения космогонии является формирование представления о том, что Вселенная не статична, что в ней непрерывно и вечно происходят естественные процессы образования и развития систем небесных тел. Если на предыдущих уроках учащиеся убедились, что в мире ничего нет, кроме движущейся материи, то теперь им предстоит узнать, что все явления и процессы материального мира имеют свою историю, не нуждающуюся в «гипотезе бога».

Знание законов природы и накопленный наукой материал наблюдений позволяют установить пути возникновения и эволюции небесных тел, а это, в свою очередь, способствует разрешению важных практических проблем геофизики, геологии, биологии и т. д.

Главное в изучении космогонии — показать вечность материи. Библии следует противопоставлять не гипотезы, а твердо установленный закон сохранения и превращения материи. Конкретные космогонические гипотезы будут в дальнейшем видоизменяться и уточняться (их трудности не следует скрывать от учащихся), но нужно особенно подчеркивать, что факт образования небесных тел в процессе естественной эволюции материи бесспорен. Одновременно отметим, что современные научные гипотезы не имеют ничего общего с умозрительными заключениями, оторванными от данных наблюдений и лишенными соответствующего математического обоснования. Несмотря на это, астрономам до сих пор приходится тратить много времени на ознакомление с потоком «космогонических теорий», авторы которых не знают основ астрономии и полагают, что любые космогонические проблемы решаются очень легко.

Поскольку современная космогония опирается на важнейшие наблюдательные факты и закономерности, в заключительной теме курса надо не только поставить новые для учащихся исключительно важные научные и философские вопросы, но и в своеобразной форме повторить многое из того, что они узнали раньше.

Специфическая особенность учебного материала состоит в его абстрактности и недостаточной наглядности, так как речь идет о чрезвычайно длительных процессах образования и развития небесных тел. Однако если изложение космогонических проблем будет неразрывно связано с известными учащимся наблюдательными данными и законами физики, можно не сомневаться в успехе преподавания этой темы, вызывающей обычно большой интерес учащихся.

Многообразие звезд, отличающихся друг от друга возрастом, является плодотворным источником сведений, необходимых для развития космогонии. Планетная система исследуется (хотя и весьма подробно) пока лишь в «одном экземпляре», что исключает возможность сравнения планетных систем, находящихся на разных стадиях своей эволюции. Учитывая это, а также имея в виду, что, вероятно, формирование планет происходит в едином процессе с формированием звезд, рекомендуем начать ознакомление учащихся с космогонией с вопросов звездной космогонии и провести следующие уроки:

1. Современные представления о происхождении и эволюции звезд.

2. Происхождение и эволюция планет и Земли.

При подготовке к урокам учителю будет полезна книга С. К. Всехсвятского и В. В. Казютинского «Рождение миров» (Госполитиздат, 1961), статья Ю. Н. Ефремова «Жизнь звезд» (ж. «Земля и Вселенная», 1965, № 2).

Урок 30

Урок начинаем беседой, используя 4—6 последних вопросов для повторения предыдущего раздела курса. Затем, переходя к теме данного урока, знакомим учащихся с предметом космогонии и разъясняем постановку вопроса о происхождении небесных тел (§ 57). (Используется диафильм «Происхождение и развитие небесных тел».)

Тема: Современные представления о происхождении и эволюции звезд

П л а н у р о к а:

1. Две основные гипотезы в звездной космогонии.
2. Понятие об эволюции «стационарной» звезды и источниках звездной энергии.

1. Согласно первой гипотезе, которой сейчас придерживается большинство астрономов, звезды образовались в результате конденсации огромных газово-пылевых облаков. Этот процесс, по-видимому, продолжается и в настоящее время. Однако достоверно известно лишь то, что а) существует тесная связь между звездами и диффузными туманностями (В. Г. Фесенков, Г. А. Шайн, Б. А. Воронцов-Вельяминов); б) запасы диффузной материи непрерывно пополняются при нестационарных процессах, происходящих при вспышках Новых и Сверхновых звезд (Б. А. Воронцов-Вельяминов), взрывах в ядрах галактик (В. А. Амбарцумян). Этого, по-видимому, недостаточно, чтобы считать гипотезу конденсации окончательным решением вопроса о происхождении звезд.

Согласно второй гипотезе, развиваемой академиком В. А. Амбарцумяном, звезды образовались из «дозвездного вещества», пока еще нигде не обнаруженного. Предполагается, что существуют некоторые компактные сверхмассивные тела, состоящие, например, из недавно открытых физиками очень тяжелых элементарных частиц — *гиперонов*. В. А. Амбарцумян считает, что звезды и диффузные туманности образуются совместно в результате распада «протозвезды». Трудность обнаружения «протозвезд», по мнению В. А. Амбарцумяна, заключается в том, что они, обладая мощным полем тяготения, не излучают заметного количества энергии. Вещество «протозвезды» должно заключать в себе огромные количества потенциальной энергии, которая после взрыва «протозвезды» превращается в кинетическую энергию расширения возникшей группы звезд и туманностей. Этим можно, например, объяснить факт расширения звездных ассоциаций, возраст которых не превышает 10^5 — 10^7 лет. Полезно указать на творческое применение В. А. Амбарцумяном марксистской методологии: ученый, рассматривая специфическую структуру открытых им звездных ассоциаций, разработал теорию их происхождения и развития.

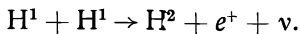
Обе гипотезы не исключают друг друга: звезды в процессе круговорота материи, вероятно, могут образовываться обоими путями, при которых вещество переходит из сверхплотного состояния в диффузное и обратно. Вывод о продолжающемся в настоящее время процессе звездообразования является одним из важнейших достижений современной космогонии, поскольку он полностью разрушает метафизические представления об одновременном образовании всех небесных тел, якобы имевшем место несколько миллиардов лет назад.

2. В учебнике говорится о том, что всякое небесное тело развивается, видоизменяется. Чтобы раскрыть и сделать этот тезис более понятным учащимся, полезно в самых общих чертах познакомить их с современными представлениями об эволюции «стационарных» звезд. Допустив, что звезды образуются в результате конденсации газовой-пылевой среды, проследим в самых общих чертах возможный путь их развития. Сначала из облака газовой-пылевой материи под действием сил тяготения образуется холодный, сравнительно плотный, непрозрачный шар. Его нельзя еще назвать звездой, поскольку в нем пока не вырабатывается термоядерная энергия. Вещество в процессе образования этого шара накапливается постепенно, и при некоторой определенной массе внутреннее давление в шаре становится меньше гравитационного давления окружающих слоев вещества. Это приводит к сжатию газового шара, в результате чего часть гравитационной энергии превращается в теплоту. Шар начинает разогреваться, светиться. Образуется первоначальная звезда, по мере сжатия которой температура в ее центре повышается и со временем достигает нескольких миллионов градусов. Сначала звезда состоит в основном из водородной плазмы, которая, как известно учащимся, наиболее распространена во Вселенной. В условиях высоких температур, существующих в звездных недрах, происходят процессы синтеза ядер гелия из ядер водорода.

Термоядерные реакции становятся основным источником энергии звезды после того, как сжатие молодой звезды прекратится. Поэтому вопрос об источниках энергии звезд является наиболее важным в проблеме эволюции звезд.

На внеклассных занятиях можно познакомить учащихся с протон-протонным циклом, т. е. совокупностью термоядерных процессов, которые, вероятно, происходят в настоящее время в недрах Солнца. Обычно выделяют три стадии протон-протонного цикла, схематически изображенного на рисунке 89 (см. диафильм).

а) Слияние двух протонов с образованием ядра дейтерия и испусканием позитрона и нейтрино:



Ничтожная вероятность соударения двух протонов приводит к тому, что в условиях большинства звезд продолжительность этой ре-

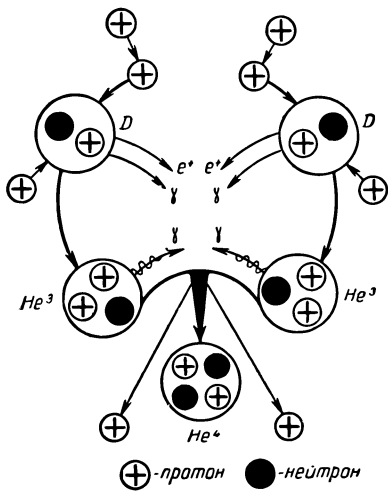
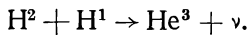


Рис. 89. Схема ядерных превращений протон-протонного цикла.

акции составляет около 14 миллиардов лет. Однако огромное количество протонов на Солнце и звездах обеспечивает непрерывное протекание этой реакции. Интересно отметить, что при указанной реакции образуется весьма большое количество нейтрино, которые, практически не взаимодействуя с веществом, свободно проникают сквозь всю толщу звезды и беспрепятственно покидают Солнце и звезды, унося поток энергии, сравнимый с потоком света и тепла, излучаемым звездами.

б) Превращение ядра дейтерия в ядро легкого изотопа гелия He^3 с выделением избытка энергии в виде гамма-кванта:



Эта реакция протекает примерно за 6 сек.

в) Слияние двух ядер He^3 с образованием ядра He^4 и двух ядер водорода:



Этот процесс протекает примерно за миллион лет и сопровождается выделением наибольшего количества энергии.

В результате описанных реакций на 1 г водорода выделяется примерно $4 \cdot 10^{12}$ дж энергии. Это почти в 3 млн. раз больше, чем энергия, выделяющаяся при сжигании водорода ($2\text{H}_2 + \text{O}_2 = 2\text{H}_2\text{O}$), и в 15 млн. раз больше, чем при сжигании такого же количества угля.

Кроме термоядерных реакций водородного цикла, в недрах звезд происходят реакции с участием других химических элементов. На определенных стадиях эволюции звезды могут последовательно включаться в разные термоядерные циклы.

Когда в недрах звезды почти весь водород превратится в гелий, образуется центральное ядро, не содержащее источников энергии. Во внешней зоне, где имеется водород, температура недостаточно высока для возникновения термоядерных реакций. Поэтому водород будет превращаться в гелий не в центре звезды, а на границе ядра и внешней оболочки (рис. 90). Ядро станет нагреваться теперь только снаружи, и вследствие нарушения равновесия плазмы оно под давлением вышележащих слоев начнет сжиматься. Степень

сжатия существенно зависит от массы звезды. В принципе возможно образование не только белых карликов, но и «нейтронных» или даже «застывших» звезд, о которых все чаще упоминается в научной и научно-популярной литературе. Однако последние стадии эволюции звезд в подробностях еще не ясны.

Из газа, выброшенного в процессе эволюции звезд и обогащенного более тяжелыми, чем водород, химическими элементами, вообще говоря, могут впоследствии образовываться молодые звезды.

Задание на дом: § 57 и 59.

Урок 31

Тема: Происхождение и эволюция планет и Земли

Наглядные пособия: диафильм «Происхождение и развитие небесных тел» или заменяющие его диапозитивы.

П л а н у р о к а:

1. Обзор основных фактов наблюдений.
2. Космогонические гипотезы Канта и Лапласа.
3. Современные представления о происхождении Земли и планет.

1. Демонстрируя диафильм, напоминаем учащимся основные закономерности в Солнечной системе (компланарность планетной системы, малые эксцентриситеты орбит планет, деление больших планет на две группы, закономерное возрастание промежутков между орбитами, одинаковость направления обращения планет вокруг Солнца и вращения вокруг осей, обратное движение далеких спутников планет, распределение массы и момента количества движения в Солнечной системе). Эти закономерности свидетельствуют о едином процессе происхождения планет, а не об их случайном объединении.

Важное космогоническое значение имеет физико-химический анализ метеоритов, которые, по всей вероятности, никогда не входили в состав больших планет. Железные метеориты, возможно, являются осколками астероидов, а каменные метеориты, содержащие совершенно особые маленькие круглые шарики (хондры), согласно Б. Ю. Левину, представляют продукты конденсации газа в

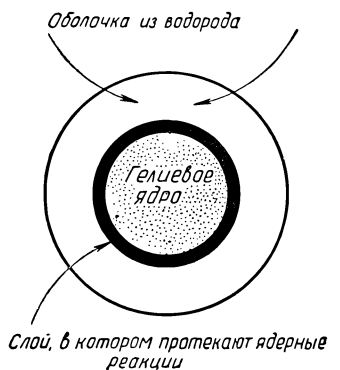


Рис. 90. Схема строения звезды, в центре которой водород превратился в гелий.

протопланетном облаке. Наконец, своеобразным критерием правильности космогонической гипотезы образования планет является определение возраста Земли путем сравнения количеств исходных и конечных радиоактивных химических элементов в горных породах (§ 57). Полезно сравнить возраст земной коры (3—4 млрд. лет) с возрастом Солнца и Солнечной системы (5—6 млрд. лет), а также с возрастом Галактики (не менее 10 млрд. лет).

2. Затем излагаем сущность гипотезы Канта (§ 58), являющейся одной из первых космогонических гипотез, показавших, что Солнечная система возникла естественным путем и имеет свою историю. При ознакомлении учащихся с гипотезой Лапласа (§ 58) полезно вскрыть причины несостоятельности этой гипотезы. Во-первых, трудно представить, что разреженное «протосолнце» вращалось, как твердое тело, а образовавшиеся кольца сгустились бы в планеты, не рассеявшись в пространстве. Во-вторых, гипотеза Лапласа не может объяснить существование тех спутников планет, которые имеют обратное движение. В-третьих, согласно гипотезе Лапласа, кольца, из которых впоследствии образуются планеты, должны в силу своей небольшой массы и такой же, как у туманности, угловой скорости иметь момент количества движения меньший, чем образовавшееся из той же туманности Солнце. В действительности наблюдается обратное: расчеты показывают, что, хотя масса Солнца почти в 750 раз превышает суммарную массу планет Солнечной системы, оно обладает немногим более 3% момента количества движения.

Современные гипотезы планетной космогонии не отказываются от основной материалистической идеи гипотез Канта и Лапласа относительно образования планет из некоторой первичной туманности.

3. В последние годы к вопросам планетной космогонии привлечено внимание ученых различных специальностей (астрономов, математиков, физиков, геофизиков и др.).

К сороковым годам относится начало разработки космогонической гипотезы академика О. Ю. Шмидта, существенный вклад в которую впоследствии внесли советские ученые А. И. Лебединский, Л. Э. Гуревич, Г. Ф. Хильми, Б. Ю. Левин, Н. Н. Парийский и другие.

Сущность гипотезы школы О. Ю. Шмидта можно сформулировать следующим образом:

а) Земля и планеты образовались постепенным объединением множества холодных частиц и тел, входивших в состав околосолнечного газово-пылевого облака.

б) На протяжении первой стадии эволюции газово-пылевого облака происходило «уплощение» облака, т. е. образование вращающегося вокруг Солнца диска, в котором возникали многочисленные сгущения, постепенно превращающиеся в сплошные тела (диафильм).

в) На протяжении второй стадии эволюции газово-пылевого облака под действием взаимного притяжения изменялись орбиты образовавшихся тел: круговые орбиты, расположенные в одной плоскости, превращались в вытянутые, различным образом ориентированные орбиты (диафильм). Частые столкновения движущихся тел приводили к объединению в более крупные или дроблению на осколки, впоследствии присоединявшиеся к наиболее крупным телам, из которых некоторые превратились в современные планеты (диафильм).

Спутники планет могли возникать подобным же образом.

Гипотеза образования планет из уплощенного облака позволяет объяснить ряд важных закономерностей в Солнечной системе: формы планетных орбит, их взаимное расположение, деление планет на две группы и др.

Излагая эту гипотезу, необходимо подчеркнуть, что, по мнению ее сторонников, Земля и другие планеты никогда не были раскаленными телами: Земля разогревалась постепенно на более поздней стадии за счет выделения тепла при распаде радиоактивных элементов (диафильм).

Накоплению радиоактивного тепла в недрах Земли способствовала малая теплопроводность ее вещества. Согласно современным геофизическим представлениям, внутри Земли нет постоянных больших бассейнов расплавленной магмы. Благодаря давлению, достигающему в центре Земли трех миллионов атмосфер, вещество, несмотря на высокую температуру (3000—4000°), остается твердым. Если в земной коре образуется трещина, то давление под ней падает, вещество разжижается и устремляется вверх. Так, вероятно, происходит образование и поднятие магмы, жидкие участки которой возникают лишь временно. В целом же земной шар обладает твердостью, превышающей твердость стали.

В настоящее время гипотеза О. Ю. Шмидта, разработка которой продолжается, не является общепризнанной, поскольку в этой гипотезе образование планет рассматривается в отрыве от процесса образования Солнца, не решен вопрос о происхождении протопланетного облака, недооценивается влияние электромагнитных сил и т. п.

Кроме гипотезы О. Ю. Шмидта, в учебнике упоминается гипотеза академика В. Г. Фесенкова, на протяжении многих лет занимающегося вопросами космогонии. В. Г. Фесенков считает, что планеты и Солнце образовались из одного и того же холодного газово-пылевого облака. При этом процесс образования планет был во многом сходен с процессом конденсации звезд. По мнению В. Г. Фесенкова, первоначально образовавшиеся планеты (особенно планеты земной группы) имели массы значительно большие, чем те, которыми они обладают сейчас. В процессе эволюции первоначальные планеты должны были вследствие гравитационного сжатия пройти стадию сильного общего разогрева, который имел

место значительно раньше, чем начал действовать радиоактивный механизм разогрева. Высокая температура и большая первоначальная масса явились основными факторами, обусловившими постепенную потерю массы планетами земной группы. Причем эти планеты теряли преимущественно легкие газы. Планеты-гиганты имеют в настоящее время массы, сравнимые с теми, которыми они обладали в эпоху своего образования. В. Г. Фесенков полагает, что планеты образовывались неодновременно: сначала из внешних частей протопланетного облака возникли далекие от Солнца планеты, а внутренние части облака пошли на образование планет земной группы. Этим, по мнению В. Г. Фесенкова, объясняется распределение момента количества движения в Солнечной системе. Наконец, закономерность планетных расстояний связана с наиболее устойчивым расположением планет: планеты возникали в тех местах, в которых разрушительное гравитационное воздействие Солнца и соседних планет на данную планету было наименьшим.

Излагая гипотезу В. Г. Фесенкова, не следует забывать, что идеи, положенные в ее основу, продолжают разрабатываться и в настоящее время. Еще нет окончательно завершенной теории естественного происхождения Земли и планет, но сейчас почти не вызывает сомнения, что планеты возникли из холодного газово-пылевого облака, некогда окружавшего Солнце.

Следовательно, современная космогония подтверждает, что «... учению религии, например, о прошлом Земли и сотворении мира не соответствует никакой объективной реальности. Учению науки о том, что Земля существовала до всякой социальности, до человечества, до органической материи, существовала в течение определенного времени, в определенном по отношению к другим планетам пространстве, — этому учению (хотя оно так же относительно на каждой ступени развития науки, как относительна каждая стадия религии) соответствует объективная реальность»¹.

Задание на дом: § 58.

Урок 32

Заключительный урок астрономии

Наглядные пособия: таблицы: «Космические полеты», «Рефрактор», «Рефлектор», «Радиоастрономия», «Луна», «Солнечная система», «Планеты», «Кометы и метеоры», «Солнце», «Звезды», «Звездные скопления, туманности, галактики».

Основной метод проведения этого урока — беседа по основным вопросам курса. По своему усмотрению учитель может выбрать вопросы из следующего примерного списка:

¹ В. И. Ленин, *Материализм и эмпириокритицизм*, Госполитиздат, 1958, стр. 170.

1. Какие методы исследования и инструменты используются в современной астрономии?
 2. Каково строение Солнечной системы?
 3. Как материалистическая наука подходит к решению вопроса о жизни на планетах Солнечной системы?
 4. Каково значение запусков искусственных небесных тел?
 5. Каково в общих чертах строение Галактики?
 6. Почему нельзя отождествлять Метагалактику со Вселенной?
 7. Почему на протяжении многих веков церковь препятствовала развитию астрономии?
 8. Как современная религия относится к достижениям астрономии?
 9. Какие данные современной науки доказывают, что процесс образования звезд происходит в настоящее время?
 10. Каковы современные представления о происхождении Земли и планет?
 11. Каковы важнейшие практические применения астрономии?
 12. Какие данные астрономии наиболее убедительно подтверждают основные положения материалистической философии?
- На заключительном уроке астрономии полезно рассмотреть таблицу, предложенную А. Л. Зельмановым.

Объекты	Размеры, см	Преобладающие силы взаимодействия
Метагалактика	10^{28}	} Гравитационные
Сверхгалактика	10^{26}	
Скопления и группы галактик	10^{25}	
Кратные системы галактик	10^{23}	
Звездные скопления и ассоциации	10^{21}	
Кратные звезды, планетные системы	$10^{11}—10^{15}$	
Отдельные небесные тела	$10^6—10^{11}$	} Негравитационные
Макроскопические тела	$10^{-2}—10^4$	
Молекулы и атомы	10^{-8}	
Атомные ядра и элементарные частицы	$10^{-12}—10^{-13}$	
Керны элементарных частиц	$10^{-13}—10^{-14}$	

Из этой таблицы следует, что структурные образования, известные в настоящее время, занимают интервал масштабов, составляющий не менее 42 порядков. Примерно таков же интервал масштабов времени: от 10^{-23} сек («ядерное время») до 10^{18} сек — время осуществления гравитационного взаимодействия в Метагалактике, соответствующее ее современному состоянию («возраст» Метагалактики заведомо больше — 10^{18} сек). Попутно укажем интервал плотностей: от $10^{-28}—10^{-31}$ г/см³ (средняя метагалактическая плотность) до

10^{14} — 10^{15} г/см³ (ядерная плотность и возможная плотность нейтронных звезд).

В заключение, обобщая результаты беседы, желательно кратко остановиться на интересующей учащихся проблеме жизни во Вселенной.

Упомянув, что с вопросами происхождения жизни на Земле учащиеся знакомились в курсе биологии, подчеркиваем, что весь процесс возникновения Земли и жизни на ней материалистическая наука объясняет на основе изучения закономерностей движущейся и развивающейся материи. С эволюцией Земли и ее атмосферы теснейшим образом связаны те физико-химические процессы, в результате которых образовались органические молекулы, а затем и простейшие органические соединения.

Сложные формы жизни, а тем более разумные существа, развиваются далеко не на всех планетах. В пределах Солнечной системы, вероятно, только на Земле сложились благоприятные для этого условия. Однако даже в масштабе нашей Галактики не исключена возможность существования множества высокоразвитых цивилизаций. В настоящее время делаются попытки установления связей с этими гипотетическими цивилизациями. Предполагается, что представители высокоразвитых цивилизаций также ищут своих «собратьев» по космосу и для этого посылают в космическое пространство радиосигналы.

Было высказано мнение о том, что представители высокоразвитых цивилизаций в Галактике должны были бы обратить внимание на чрезвычайную распространенность радиоизлучения межзвездного газа на волне 21 см («эсперанто Вселенной»). Специальная радиоаппаратура уже сейчас позволяет послать на сантиметровых волнах сигнал такой мощности и направленности, что его можно было бы принять сходной аппаратурой на расстояниях в десятки и даже сотни световых лет. В 1960 г. во Вселенную на волне 21 см была послана цепь сигналов, составленных в определенной математической последовательности. При самых благоприятных обстоятельствах ответ на этот сигнал может быть получен не ранее 1968 г.

Кроме того, с помощью радиотелескопов ученые стремятся выделить из массы радиосигналов, излучаемых небесными телами, позывные сигналы разумных существ, посланные ими по собственной инициативе. Так, в апреле 1960 г. с этой целью была предпринята попытка приема сигналов с возможных планетных систем звезд (ϵ Эрида и τ Кита) с помощью 26-метровой параболической антенны обсерватории Грин-Бэнк (штат Западная Виргиния)¹. Приемная аппаратура была настроена на длину волны 21 см. Несмотря на максимально возможную чувствительность и избирательность при-

¹ См.: В. Г. Фесенков, Жизнь во Вселенной, изд. «Знание», 1964;

Л. М. Гиндилис, О возможности связи с внеземными цивилизациями, ж. «Земля и Вселенная», 1965, № 1.

емного устройства, этот эксперимент, как и некоторые другие, оказался пока безрезультатным. Видимо, в дальнейшем ученые от эпизодических попыток приема радиосигналов разумных существ перейдут к специальной «космической радиослужбе».

Несмотря на то что планетные системы других звезд находятся от нас на очень больших расстояниях, нельзя отвергать возможность посещения человеком в далеком будущем этих систем.

Замечательные успехи в освоении космоса, достигнутые в самом начале космической эры, свидетельствуют о необозримых возможностях, открывающихся перед человечеством через несколько десятков лет, когда могучий Разум Людей Земли познает новые законы природы и создаст новые чудеса техники, среди которых обязательно будут межзвездные корабли.

С П И С О К ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

А м б а р ц у м я н В. А., Марксистско-ленинская методология и прогресс науки, в сб. «Методологические проблемы науки», изд. «Наука», 1964.

Б а з ы к и н В. В., Ш е в л я к о в И. Ф., Методика использования аппарата «планетарий», изд. «Знание», 1963.

Б а з ы к и н В. В., Ш е в л я к о в И. Ф., Методика использования наглядных пособий по астрономии, изд. «Знание», 1963.

Б е л о у с о в В. В., Земля, ее строение и развитие, изд. АН СССР, 1963.

Б о н е в Б. Н., Маленький вращающийся купол для телескопа, «Бюллетень ВАГО», изд. АН СССР, 1963, № 34.

Б о я р ч е н к о И. Ф., О связи преподавания астрономии в средней школе с жизнью, «Радянська школа», Киев, 1960.

Б о я р ч е н к о И. Ф., Использование теодолита в общеобразовательной средней школе на уроках физики, астрономии и математики, «Ученые записки Луганского пединститута им. Т. Г. Шевченко», т. XIII, 1962.

Б р о н ш т э н В. А., Инструкция для наблюдений планет, изд. АН СССР, 1961.

В о й т е н к о И. А., Армилярная сфера, сб. «Новые школьные приборы по физике и астрономии», изд. АПН РСФСР, 1959.

В о р о н ц о в - В е л ь я м и н о в Б. А., Элементы мироведения на уроках физики в сельской школе, изд. АПН РСФСР, 1950.

В о р о н ц о в - В е л ь я м и н о в Б. А., Содержание обучения по астрономии, в сб. «Преподавание астрономии в школе», изд. АПН РСФСР, 1959.

В о р о н ц о в - В е л ь я м и н о в Б. А., Взаимодействие и природа галактик, «Астрономический календарь ВАГО на 1964 г.», изд. АН СССР, 1963.

Г а н и н Ж. И., Опыт организации и использования астрономо-географической площадки, в сб. «Преподавание астрономии в школе», изд. АПН РСФСР, 1959.

Г л а с к о В. К., Школьный планетарий, «Техника—молодежи», 1954, № 6.

Г л у х о в Н. Д., О механизме образования непрерывного спектра, «Физика в школе», 1962, № 3.

Г у р е в Г. А., Учение Коперника и религия, изд. АН СССР, 1961.

Д а г а е в М. М., Простейшая самодельная астрономическая труба, «Астрономический календарь ВАГО на 1961 г.», изд. АН СССР, 1960.

Д а г а е в М. М., Научно-любительские астрономические наблюдения в школе, в сб. «Преподавание астрономии в школе», изд. АПН РСФСР, 1959.

- Деревенько Н. А., Самодельные школьные «планетарии», «Физика в школе», 1962, № 4.
- Зельманов А. Л., О бесконечности материального мира, сб. «Диалектика в науках о неживой природе», изд. «Наука», 1964.
- Зигель Ф. Ю., О решении задач по астрономии, «Физика в школе», 1960, № 1.
- Зигель Ф. Ю., О роли аппаратов «планетарий» в преподавании астрономии, в сб. «Преподавание астрономии в школе», изд. АПН РСФСР, 1959.
- Зимин А. Б., Радзиевский В. В., Соколов С. А., Прибор для определения эфемериды спутника, «Физика в школе», 1958, № 2.
- Зоткин И. Т., Инструкция для наблюдений метеоров, изд. АН СССР, 1961.
- Карпова С. В., Изучение космических полетов в курсе астрономии, «Физика в школе», 1964, № 2.
- Карницкий П. Н., Элементы учения о Вселенной в средней школе, Костромской пединститут им. Н. А. Некрасова, 1958.
- Кассель Л. И., Методические указания по изготовлению школьного «планетария», Харьковская областная станция юных техников, 1960.
- Кожеуров И. В., Использование моделей для изучения элементов космонавтики, Доклады АПН РСФСР, 1963, № 1.
- Колмогоров П. П., Опыт организации и проведения практических работ по астрономии в средней школе, Красноярск, 1959.
- Комаров В. Н., Космос, бог и вечность мира, Госполитиздат, 1963.
- Кондратьев Н. Я., Ориентировка по звездам, Воениздат, 1961.
- Кубланов М. М., Иисус Христос — бог, человек, миф? изд. «Наука», 1964.
- Куликовский П. Г., Справочник любителя астрономии, Физматгиз, 1961.
- Куницкий Р. В., О преподавании вопросов сферической астрономии в средней школе, «Физика в школе», 1960, № 2.
- Куницкий Р. В., Попов П. И., О содержании курса астрономии, «Физика в школе», 1960, № 2.
- Курлаева А. А., Оценка знаний учащихся по астрономии, «Физика в школе», 1961, № 3.
- Кухтин И. Л., Освещение вопросов истории в V—VII кл., в сб. «Преподавание астрономии в школе», изд. АПН РСФСР, 1959.
- Лаврухина А. К., Колесов Г. М., Образование химических элементов в космических телах, Госатомиздат, 1962.
- Левитан Е. П., Природа солнечных пятен, изд. «Наука», 1964.
- Левитан Е. П., Формирование диалектико-материалистического мировоззрения и научно-атеистическое воспитание учащихся на уроках астрономии, МГИУУ, 1965.
- Левитан Е. П., Из опыта работы со школьным астрономическим кружком, в сб. «Преподавание астрономии в школе», изд. АПН РСФСР, 1959.
- Левитан Е. П., Совершенствовать преподавание астрономии в школе, «Советская педагогика», 1963, № 8.
- Левитан Е. П., О связи преподавания обществоведения с курсом астрономии средней школы, МГИУУ, 1963.
- Левитан Е. П., Школьный теодолит, в сб. «Новые исследования в педагогической науке», Известия АПН РСФСР, изд. «Просвещение», 1964.
- Мартыненко В. В., Опыт внешкольной работы по астрономии, в сб. «Преподавание астрономии в школе», изд. АПН РСФСР, 1959.
- Масевич А. Г., По обсерваториям США, «Астрономический календарь ВАГО на 1960 г.», изд. АН СССР, 1959.
- Масевич А. Г., Искусственные спутники Земли о нашей планете, «Земля и Вселенная», 1965, № 1.

М и т р о ф а н о в Н. М., Опыт фотографирования Солнца и Луны с помощью школьного телескопа Д. Д. МаксUTOва, в сб. «Преподавание астрономии в школе», изд. АПН РСФСР, 1959.

М о г и л к о А. Д., Изучение видимых движений светил, «Физика в школе», 1957, № 4.

М о г и л к о А. Д., Модель движения спутников Земли, «Физика в школе», 1958, № 2.

М о г и л к о А. Д., Фотографирование Солнца при помощи небольших телескопов, «Физика в школе», 1959, № 1.

М о г и л к о А. Д., Самодельные приборы по астрономии, сб. «Преподавание астрономии в школе», изд. АПН РСФСР, 1959.

М о г и л к о А. Д., Взаимное расположение и физические характеристики ближайших к Солнцу звезд, «Физика в школе», 1963, № 2.

М о г и л к о А. Д., Модель небесной сферы с прозрачным экваториальным поясом и часовым углом, в сб. «Новые школьные приборы по физике и астрономии», изд. АПН РСФСР, 1959.

М о и с е е в С. С., Новые наглядные пособия по математической географии и астрономии, изд. Министерства высшего и среднего специального и профессионального образования БССР, 1963.

Н а б о к о в М. Е., Методика преподавания астрономии в средней школе, Учпедгиз, 1955.

Н а б о к о в М. Е., Школьные астрономические наблюдения с менисковым телескопом системы Д. Д. МаксUTOва, «Физика в школе», 1948, № 3.

Н а б о к о в М. Е., Астрономические наблюдения с биноклем, Гостехиздат, 1949.

Н а в а ш и н М. С., Инструкция к изготовлению телескопа-рефлектора, изд. АН СССР, 1962.

Н а з а р о в М. Ф., Из опыта преподавания астрономии в сельской школе, «Физика в школе», 1963, № 1.

Н а р и н с к и й Ю. М., Преподавание астрономии в вечерней школе, «Физика в школе», 1960, № 4.

Н а р и н с к и й Ю. М., О преподавании астрономии в вечерних (сменных) школах, «Физика в школе», 1963, № 6.

Н о в и к о в М. Д., Ш и ш а к о в В. А., Самодельные астрономические инструменты и наблюдения с ними, «Наука», 1965.

О г о р о д н и к о в К. Ф., Загадки космоса, Воениздат, 1963.

О р и р Д., Популярная физика, изд. «Мир», 1964.

П а н о в к и н Б. Н., Радиосигналы Вселенной, изд. «Знание», серия «Физика и химия», 1963.

П е т р а й т и т е И. К., Некоторые вопросы проведения астрономических наблюдений в V—IX кл., Ученые записки МГПИ им. В. И. Ленина, Астрономия, 1962.

П о л т а в ч е н к о М. И., Индивидуальная работа с верующими, изд. «Знание», 1964.

П о п о в П. И., Общие вопросы преподавания астрономии в школе, «Труды II съезда Всесоюзного астрономо-геодезического общества» (1955), изд. АН СССР, 1960.

П о п о в П. И., Общедоступная практическая астрономия, Изд. техн.-теор. лит., 1959.

П о п о в П. И., К у н и ц к и й Р. В., Современное состояние и перспективы преподавания астрономии в средней школе, «Труды III съезда Всесоюзного астрономо-геодезического общества» (1960), изд. АН СССР, 1962.

П о п о в П. И., Из опыта преподавания астрономии, «Физика в школе», 1960, № 6.

Р а д з и е в с к и й В. В., Простейший способ определения географических координат по Солнцу, «Физика в школе», 1952, № 1.

Р я б о в Ю. А., Движение небесных тел, Физматгиз, 1962.

- Сабанеев П. Ф., Результаты моделирования лунных цирков на сферической поверхности, «Бюллетень ВАГО», изд. АН СССР, 1959, № 24(31).
- Семакин Н. К., Работа с астрономическим кружком, Учпедгиз, 1953.
- Семакин Н. К. и др., Альбом проектов комплексных (астрономических и географических) учебных площадок, Министерство просвещения РСФСР, Гипропрос, 1958.
- Семакин Н. К., Самodelьные «планетарии», «Физика в школе», 1962, № 4.
- Сморodinский Я. А., Геометрия Вселенной, изд. «Знание», 1963.
- Тейфель В. Г., Планеты-гиганты, изд. «Наука», 1964.
- Фомин А. С., Самodelьный 320-миллиметровый рефлектор, Бюллетень ВАГО, № 29 (36), изд. АН СССР, 1961.
- Шварцшильд М., Шварцшильд Б., Астрономия на воздушных шарах, в сб. «Настоящее и будущее телескопов умеренного размера», Изд. иностр. лит., 1960.
- Шишаков В. А., Из опыта работы с астрономическими кружками Московского планетария, в сб. «Преподавание астрономии в школе», изд. АПН РСФСР, 1959.
- Шишаков В. А. и др., Школа и планетарий, «Физика в школе», 1963, № 3.
- Шишаков В. А., В помощь учителю астрономии, Учпедгиз, 1959.
- Шкловский И. С., Вселенная, жизнь, разум, изд. АН СССР, 1962.
- Шувалов В. В., Световое давление как динамический фактор движений искусственных небесных тел, «Ученые записки Ярославского пединститута», вып. 56, Астрономия, 1963.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
<i>Часть первая</i>	
Общие вопросы преподавания астрономии	
<i>Глава I.</i> Астрономия как общеобразовательный учебный предмет	5
§ 1. Из истории преподавания астрономии в нашей стране	—
§ 2. Основные задачи преподавания астрономии	8
§ 3. Связь астрономии с другими школьными предметами	9
Астрономия и физическая география	—
Астрономия и физика	10
Астрономия и математика	—
Астрономия и обществоведение	11
Астрономия и другие школьные предметы	—
§ 4. Формирование основ материалистического мировоззрения	12
Материя	13
Единство и многообразие мира. Всеобщая связь явлений в природе	14
Движение материи	15
Пространство и время. Бесконечность и вечность Вселенной	16
Основной вопрос философии и коренные задачи науки	17
Познаваемость мира и его закономерностей	18
Законы диалектики	19
§ 5. Атеистическое воспитание в процессе преподавания астрономии	21
§ 6. Методы преподавания астрономии	23
§ 7. Домашние задания и система учета знаний	25
Домашние задания	—
Учет знаний учащихся	26
§ 8. Решение задач в курсе астрономии	28
Вычислительные задачи	—
Примеры задач, решаемых с подвижной картой звездного неба	32
Задачи-вопросы	33
§ 9. Школьный астрономический кружок	34
§ 10. Некоторые формы внешкольной работы по астрономии	36
Учебные лекции по астрономии, читаемые в планетариях	—
Астрономические кружки и клубы при планетариях и народных обсерваториях.	37
Экскурсии по астрономии	39

§ 11. Подготовка к преподаванию астрономии	39
Предварительная подготовка к преподаванию астрономии	39
Планирование курса	40
Учет специфики сельских, вечерних и специальных школ	41
Подготовка к уроку	42
<i>Глава II. Приборы и наглядные пособия</i>	<i>44</i>
§ 12. Школьные телескопы	—
§ 13. Школьная астрономическая площадка и обсерватория	50
§ 14. Карты, атласы, календари и справочники	54
§ 15. Модели и приборы по сферической и практической астрономии	56
Модели небесной сферы	—
Прибор для демонстрации связи линий небесной сферы и Земли	57
Теллурий	58
Приспособления для практических работ	61
§ 16. Приборы для демонстрации движения искусственных спутников Земли	65
§ 17. Модели планетной системы	68
§ 18. Другие модели по курсу астрономии	70
Модель для объяснения приливов	—
Модель для объяснения параллаксов	71
Модели лунной поверхности	72
Модель солнечной грануляции	—
Пространственная модель расположения ближайших к Солнцу звезд	73
§ 19. «Планетарий»	74
§ 20. Диапозитивы, диафильмы, кинофильмы, таблицы .	77
<i>Глава III. Астрономические наблюдения и практические занятия</i>	<i>80</i>
§ 21. Роль и специфика наблюдений	—
§ 22. Изучение звездного неба	—
§ 23. Наблюдения Луны	85
§ 24. Наблюдения Солнца	86
§ 25. Наблюдения планет	89
§ 26. Наблюдения метеоров	92
§ 27. Наблюдение искусственных спутников Земли . . .	93
§ 28. Наблюдения по темам звездной астрономии	96
Телескопические наблюдения звезд	—
Ознакомление с переменными звездами	97
Наблюдения звездных скоплений и туманностей . . .	—
Наблюдения галактик	—
§ 29. Тематика и планирование групповых наблюдений и практических занятий	98
§ 30. Содержание групповых наблюдений и практических занятий	99
Занятие № 1. Ориентировка по звездному небу	—

Занятие № 2. Приближенное определение координат небесных светил и географической широты	100
Занятие № 3. Наблюдение Луны и планет в телескоп	102
Занятие № 4. Наблюдение Солнца в телескоп	—
§ 31. Организация групповых наблюдений и практических занятий	102

Часть вторая
Поурочный анализ курса астрономии

<i>Глава IV. Введение в астрономию</i>	104
Урок 1. Предмет астрономии	—
Урок 2. Небесная сфера и ее значение для практики	108
Урок 3. Небесная сфера и Земля	110
Вопросы для повторения темы «Введение в астрономию»	113
<i>Глава V. Развитие представлений о Земле и Солнечной системе</i>	114
Урок 4. Геоцентрическая и гелиоцентрическая системы мира	—
Урок 5. Истинное движение планет и законы Кеплера	117
Урок 6. Форма и движение Земли	120
Урок 7. Определение расстояний до небесных тел и размеров небесных тел	123
Урок 8. Закон всемирного тяготения и его следствия	125
Урок 9. Теоретические основы запуска искусственных спутников Земли и космических ракет	128
Урок 10. Достижения Советского Союза в освоении космического пространства	134
Вопросы для повторения темы «Развитие представлений о Земле и Солнечной системе»	139
<i>Глава VI. Основные практические применения астрономии и методы изучения светил</i>	140
Урок 11. Определение положений светил по их горизонтальным и экваториальным координатам	—
Урок 12. Связь высоты полюса мира с географической широтой места	144
Урок 13. Видимое годовое движение Солнца и его объяснение	146
Урок 14. Измерение времени. Истинное и среднее солнечное время	149
Урок 15. Системы счета среднего солнечного времени	152
Урок 16. Календарь. Обзор основных практических применений астрономии	155
Урок 17. Телескоп и фотография	158
Урок 18. Понятие о спектральном анализе и радиоастрономии	161
Вопросы для повторения темы «Основные практические применения астрономии и методы изучения светил»	166

<i>Глава VII. Физическая природа тел Солнечной системы</i>	167
Урок 19. Движение и фазы Луны. Затмения	—
Урок 20. Физическая природа Луны	170
Урок 21. Строение Солнечной системы. Планеты земной группы	173
Урок 22. Физическая природа планет-гигантов	176
Урок 23. Природа комет и метеорных тел	179
Урок 24. Физическая природа Солнца	182
Урок 25. Солнечная активность и ее земные проявления	186
Вопросы для повторения темы «Физическая природа тел Солнечной системы»	190
<i>Глава VIII. Звезды и звездные системы. Строение Вселенной</i>	191
Урок 26. Основные физические характеристики звезд	192
Урок 27. Двойные, переменные и новые звезды	197
Урок 28. Звездные скопления. Диффузная материя	201
Урок 29. Галактики. Бесконечность Вселенной	203
Вопросы для повторения темы «Звезды и звездные системы. Строение Вселенной»	208
<i>Глава IX. Происхождение и развитие небесных тел</i>	—
Урок 30. Современные представления о происхождении и эволюции звезд	210
Урок 31. Происхождение и эволюция планет и Земли	213
Урок 32. Заключительный урок астрономии	216
Список использованной литературы	220

Ефрем Павлович Левитан
МЕТОДИКА ПРЕПОДАВАНИЯ АСТРОНОМИИ
В СРЕДНЕЙ ШКОЛЕ

Редактор *Л. С. Маслов.*

Переплет *М. Ф. Ольшевского.*

Художественный редактор *Б. Л. Николаев.*

Технический редактор *Е. К. Полукарова.*

Корректор *Н. И. Котельникова.*

* * *

Сдано в набор 6/III 1965 г. Подписано к печати с матриц 13/IX 1965 г.
60 × 90¹/₁₆. Печ. л. 14,25. Уч.-изд. л. 14,30. Зак. 659. Тираж 28000 экз.
(План 1965 г. № 242). А 10492. Издательство «Просвещение» Государственного комитета Совета Министров РСФСР по печати.

Москва, 3-й проезд Марьиной рощи, 41.

Отпечатано с матриц в типографии издательства «Звезда».

Минск, Ленинский пр., 79.

Цена без переплета 39 к., переплет 10 к.

ШКОЛЬНЫЕ УЧЕБНИКИ СССР

SHEBA.SPB.RU/SHKOLA