



### Учебник имеет электронную форму

Дополнительные материалы к учебнику размещены в электронном каталоге издательства «Просвещение» на интернет-ресурсе [www.prosv.ru](http://www.prosv.ru)



**БАЗОВЫЙ  
УРОВЕНЬ**



**В учебно-методический комплект «Астрономия» входят:**

Учебник «Астрономия. 11 класс».  
Автор Е. П. Левитан

**Книга для учителя.** 11 класс  
Автор Е. П. Левитан

Е. П. Левитан

# АСТРОНОМИЯ

Книга  
для учителя **11**

  
**ПРОСВЕЩЕНИЕ**  
ИЗДАТЕЛЬСТВО

[www.prosv.ru](http://www.prosv.ru)



**БАЗОВЫЙ  
УРОВЕНЬ**



Е. П. Левитан

# АСТРОНОМИЯ

Книга  
для учителя

---

11  
класс

Учебное пособие  
для общеобразовательных  
организаций

2-издание

Москва «Просвещение» 2021

УДК 373.5.016:52  
ББК 74.262.26  
Л36

16+

**Левитан Е. П.**

Л36      **Астрономия. 11 класс. Книга для учителя : учеб. пособие для общеобраз. организаций / Е. П. Левитан. — 2-е изд. — М. : Просвещение, 2021. — 128 с. — ISBN 978-5-09-078336-1.**

Книга входит в учебно-методический комплект к учебнику Е. П. Левитана «Астрономия. 11 класс» и предлагает учителю подробную методику преподавания астрономии в 11-м классе. Она поможет педагогу оптимально и эффективно построить учебный процесс, учитывая концепцию нового стандарта школьного образования.

**УДК 373.5.016:52**  
**ББК 74.262.26**

**ISBN 978-5-09-078336-1**

© Издательство «Просвещение», 2017  
© Художественное оформление.  
Издательство «Просвещение», 2017  
Все права защищены

## Предисловие

Преподавание астрономии в России имеет давнюю историю, которая прослеживается с петровских времен. В дореволюционных средних учебных заведениях был довольно солидный курс (космография, математическая география), рассчитанный на один год преподавания в старших классах (по 2 ч в неделю) и изложенный в десятках (!) учебников, где основное внимание уделялось вопросам сферической и практической астрономии.

В советской школе на протяжении десятилетий существовал курс астрономии (1 ч в неделю) в выпускном классе с отметкой по астрономии в аттестате зрелости. С 60-х гг. акцент в содержании астрономического образования удалось перенести на изучение вопросов астрономии, имеющих наибольшее мировоззренческое значение. При этом непрерывно совершенствовалась методика обучения астрономии, которая к началу XXI в. постепенно становилась *дидактикой астрономии* (одной из частных дидактик). Ее предметом является не только изучение путей и средств обучения астрономии (в сотрудничестве учеников и учителя), но и теории и философии астрономического образования, базирующегося на анализе достижений астрономии и космонавтики, а также на принципах и закономерностях общей дидактики и психологии.

Автор, посвятивший полвека работе в области астрономического образования, убежден, что в школе будущего полностью раскроется эвристический потенциал дидактики астрономии. Но с ее основными положениями (они рассмотрены в книге автора «Дидактика астрономии» (М.: УРСС, 2004)) учителю полезно познакомиться уже сейчас. И хотя астрономию перевели в число предметов по выбору, ее продолжают преподавать во многих школах России. Так и должно быть, поскольку мы живем в космической эре, которую открыла человечеству наша страна 4 октября 1957 г. Невозможно не замечать потрясающие открытия в области науки о Вселенной. Однако они нередко отходят на второй план, уступая место учениям жрецов паранауки и бессовестного мракобесия (астрологам, уфологам, колдунам, магам и др.).

Поэтому хотя бы в небольшом по объему обзорном курсе астрономии надо познакомить с основами астрономии как можно большее число учащихся (а не только тех, кто увлечен астрономией!). Это нелегкая задача. Решить ее с наименьшей затратой сил поможет учителям эта книга, две заключительные главы которой содержат методические рекомендации к проведению каждого урока астрономии.

## Об электронной форме учебника

**Электронная форма учебника**, созданная АО «Издательство «Просвещение», представляет собой электронное издание, которое соответствует по структуре и содержанию печатному учебнику, а также содержит мультимедийные элементы, расширяющие и дополняющие содержание учебника.

Электронная форма учебника (ЭФУ) представлена в общедоступных форматах, не имеющих лицензионных ограничений для участников образовательного процесса. ЭФУ воспроизводится в том числе при подключении устройства к интерактивной доске любого производителя.

Для начала работы с ЭФУ на планшет или стационарный компьютер необходимо установить приложение «Учебник цифрового века». Скачать приложение можно из магазинов мобильных приложений или с сайта издательства.

Электронная форма учебника включает в себя не только изложение учебного материала (текст и зрительный ряд), но и тестовые задания (тренажер, контроль) к каждой теме учебника, обширную базу мультимедиа-контента. ЭФУ имеет удобную навигацию, инструменты изменения размера шрифта, создания заметок и закладок.

Данная форма учебника может быть использована как *на уроке в классе* (при изучении новой темы или в процессе повторения материала, при выполнении как самостоятельной, так и парной или групповой работы), так и *во время самостоятельной работы дома, при подготовке к уроку*, для проведения внеурочных мероприятий.



**ТЕМАТИЧЕСКОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ**  
**изучения учебного материала (1 ч в неделю)**

**11 класс**

№ уроков с начала года	Темы курса	Наблюдения	Провер. работы	Кол-во часов
	<b>Введение в астрономию</b>			<b>6</b>
1	Что изучает астрономия	–	+	1
2–4	Звездное небо	+	+	3
5	Определение географической широты	–	+	1
6	Измерение времени	–	+	1
	<b>Строение Солнечной системы</b>			<b>5</b>
7–8	Развитие представлений о Солнечной системе	+	+	2
9–10	Законы Кеплера	–	+	2
11	Определение размеров небесных тел и расстояний до них	–	–	1
	<b>Физическая природа тел Солнечной системы</b>			<b>6</b>
12–14	Планеты земной группы	+	+	3
15	Планеты-гиганты	–	–	1
16–17	Малые тела	–	+	2
	<b>Солнце и звезды</b>			<b>10</b>
18–21	Строение и энергия Солнца	+	+	4
22–27	Физические характеристики звезд	–	+	6
	<b>Строение и эволюция Вселенной</b>			<b>6</b>
28–29	Галактики	–	–	2
30	Метагалактика и расширение Вселенной	–	–	1
31–32	Происхождение и эволюция звезд и планет	–	+	2
33	Есть ли жизнь во Вселенной?	–	–	1
	Резерв			<b>2</b>
	<b>Всего часов за 11 класс</b>			<b>35</b>

## Глава I

### КОНСТРУИРОВАНИЕ УРОКОВ АСТРОНОМИИ И ПОДГОТОВКА К ИХ ПРОВЕДЕНИЮ

#### I.1. Требования к современному уроку астрономии

В свете достижений отечественной дидактики и психологии появляется потребность внести серьезные коррективы в формулировку требований к урокам по всем предметам, изучаемым в школе, включая астрономию. Это, конечно, не значит, что прежние требования отменяются. Например, содержание урока точно так же должно соответствовать уровню современной науки (научность обучения), учитель обязан обеспечить необходимые условия для работы каждого учащегося в доступном ему темпе (индивидуализация обучения), на уроках нужно использовать технические средства обучения, обязательно уделять внимание воспитательным функциям урока и добиваться формирования у учащихся глубоких и прочных знаний, тщательно продумывать систему повторения учебного материала. Все это не потеряло своей актуальности и необходимо для обеспечения эффективности и высокого качества урока.

Но к этим требованиям в последние годы добавляются новые, без выполнения которых современный урок не может быть оценен положительно и с позиций которых происходит переосмысление традиционных требований.

1. Прежде всего коренным образом изменилась основная функция учителя, главной задачей которого стала организация активной деятельности учащихся на протяжении всего урока. Поэтому при подготовке к уроку учитель должен как можно более четко планировать свою деятельность при проведении учебно-воспитательного процесса на уроке, продумывая, что и как будут делать учащиеся на каждом его этапе. Такой подход к деятельности учителя предполагает, что он в совершенстве знает свой предмет, следит за достижениями современной педагогической науки и, в частности, изучил основы теории и методов **оптимизации** процесса обучения, знаком с закономерностями мыслительной деятельности учащихся и хорошо представляет себе возможности учеников и реализует на практике **лично-ориентированный подход**. Последнее особенно важно в подготовке к урокам астрономии: на курс астрономии отводится так мало времени, что если учитель плохо знает класс (например, не преподавал в классе физику), то сделать это на уроках астрономии он просто не успеет. Поэтому любой вариант заранее выполненной поурочной разработки должен рассматриваться лишь в качестве вспомогательного, ориентировочного, примерного.

2. Повышенное внимание уделяется постановке комплексных задач урока. Комплексный подход в определении задач урока состоит в том, что учитель продумывает и намечает формулировки и пути решения образовательных и воспитательных задач, а также задач развития учащихся (мышления, творческих способностей и т. д.). Эти **триединые** задачи урока должны быть выполнимыми, реальными, а не формальными. Целесообразно сосредоточить внимание на немногих, самых главных целях и задачах урока, тесно связанных с содержанием и спецификой данного урока. Полезно продумывать постановку триединой цели применительно прежде всего не к отдельному уроку, а к теме или даже ко всему курсу астрономии.

3. Эффективность деятельности учащихся на уроке в значительной степени зависит от того, как школьники поняли конкретные цели урока, в какой степени они заинтересовали их. Ясно, что здесь речь идет уже об обеспечении достаточно высокого уровня мотивации учебной деятельности. Астрономия с этой точки зрения представляет благодатный предмет. Однако преподавателю предстоит заинтересовать учащихся не только содержанием изучаемого материала, но и раскрытием смысла изучения: школьники должны понять, зачем им нужно знать этот материал. Стимулирование учения лишь одним только возбуждением интереса к нему недостаточно. В частности, педагоги и психологи рекомендуют учитывать мотивы долга и ответственности и советуют убедительно разъяснять учащимся, что обогащение общеобразовательными знаниями, расширение кругозора необходимо для творческой деятельности в любой сфере, включая сферу материального производства.

4. В соответствии с вышесказанным возрастает требование к логике изучения материала. Эта логика тоже должна быть понятна учащимся. Поэтому на астрономическом стенде в физическом кабинете полезно иметь обобщенные планы изучения явлений и законов.

5. В случае дидактической целесообразности следует использовать проблемное изучение отдельных вопросов (или даже всей темы). Проблемные ситуации в курсе астрономии естественно возникают, когда приходится либо анализировать явления, хорошо знакомые учащимся с детства (например, восход и заход светила, смена лунных фаз и т. д.), либо знакомить учащихся с решением, казалось бы, неразрешимых задач (например, определение расстояний и физических характеристик небесных тел), либо формулировать гипотезы (например, гипотезу о происхождении Солнечной системы, гипотезу горячей Вселенной и т. д.).

6. Современному уроку свойственна вариативность структуры (не обязательно, например, на каждом уроке планировать ту или иную форму проверки знаний, хотя планировать желательно — об этом мы будем часто напоминать учителю, конструируя уроки астрономии). Не обязательно опрос проводить в начале урока; в отдельных случаях фронтальный опрос имеет смысл заменять какой-нибудь другой формой актуализации знаний, кото-



рая важна для усвоения нового материала (небольшая проверочная работа по заранее подготовленным заданиям, тесты и т. д.).

7. Современный урок отличается высоким темпом проведения, применением различных предметов учебного оборудования, методов обучения и т. п. Поэтому, во-первых, требуется учитывать динамику умственной работоспособности учащихся (рекомендуется изменять на протяжении урока методы обучения и виды деятельности учащихся, но делать это в разумных пределах, чтобы добиваться увеличения, а не снижения работоспособности школьников; считается, что желательно проводить смену видов деятельности через 20 и 35 мин после начала урока).

Во-вторых, надо прислушаться к советам дидактов и психологов о том, что нельзя постоянно активизировать деятельность учащихся. (Задача учителя — активизировать деятельность учащихся, направленную на овладение главного вопроса, подлежащего усвоению на данном уроке.)

8. Одно из важнейших требований к современному уроку — усвоение главного на уроке. Учитель должен заранее продумать, как он поможет учащимся выделить главное в учебном материале (сделает он это сам или предложит учащимся, запишет на доске или подготовит плакат, воспользуется графопроектором либо компьютерным слайдом). Итак, урок может считаться современным, если в ходе его на основе максимальной активизации деятельности учащихся достигнута триединая цель. При этом урок по своей структуре обычно относится к одному из принятых сейчас и хорошо известных учителям типов:

а) урок изучения и первичного закрепления знаний (лекция, экскурсия, исследовательская лабораторная работа, учебный и трудовой практикумы);

б) урок закрепления знаний (практикум, экскурсия, лабораторная работа, собеседование, консультация);

в) урок комплексного применения знаний, умений и навыков учащихся (практикум, лабораторная работа, семинар);

г) урок обобщения и систематизации знаний (семинар, конференция, круглый стол);

д) урок контроля, оценки и коррекции знаний учащихся (контрольная работа, зачет, коллоквиум, общественный смотр знаний);

е) комбинированный урок.

К этим общепринятым в настоящее время типам уроков можно добавить специфические для астрономии уроки: «урок под звездным небом» (настоящим или искусственным небом планетария), «урок у телескопа» (например, при наблюдении Солнца на экране).

В зависимости от типа урока педагоги и методисты рекомендуют четкое разделение урока на этапы (организационный, проверка домашнего задания, подготовка учащихся к активному сознательному усвоению нового материала, усвоение новых знаний, информирование учащихся о домашнем задании и инструктаж по его выполне-

нию и др.). В соответствии с подобными схемами учитель должен составлять конспект своего урока, а проверяющие следить за тем, чтобы урок по возможности включал эти этапы, поминутно регламентировать проведение каждого этапа урока и т. д.

Основываясь на полувековом опыте своей педагогической работы, автор должен признать, что подобные рекомендации, безусловно, нужны, но вряд ли целесообразно их формально применять при планировании и проведении уроков астрономии. Анализируя в своих книгах и статьях специфику современного урока астрономии, автор пришел к выводу, что большой и интересный учебный материал по астрономии учителям удастся (в условиях одночасового курса) объяснить учащимся преимущественно на уроках-лекциях. На таких учебных лекциях учащиеся, заканчивающие школу (и готовящиеся к поступлению в вузы), не должны быть пассивными и не станут таковыми, если их внимание будет постоянно поддерживаться интересной информацией, сообщаемой учителем, впечатляющим подбором наглядного (иллюстративного) материала, необходимостью отвечать на задаваемые по ходу лекции вопросы и вести конспект. В школах с углубленным изучением физики и математики, где на изучение курса астрономии отводится 2 ч в неделю, наряду с учебными лекциями, конечно, целесообразно проводить лабораторные работы, семинары и т. д. Проблемы, связанные с необходимостью проведения астрономических наблюдений и осуществлением контроля знаний учащихся, неоднократно рассматривались автором.

Заканчивая обзор основных требований к современному уроку астрономии, сделаем замечания, адресованные в первую очередь молодым учителям астрономии. Они касаются необходимости не только тщательно готовиться к каждому уроку, но и обязательно анализировать любой проведенный урок. В ходе такого *самоанализа* нужно выяснить, в какой степени удалось реализовать замысел урока, сделать выводы по уроку, сравнить ожидаемый и достигнутый учебно-воспитательные эффекты, определить, в какой мере оказались воплощенными на данном уроке идеи и методы оптимизации обучения и воспитания, были ли отклонения от плана проведения урока, не оказался ли урок непонятным и перегруженным при выбранных условиях его проведения (к ним относят учебно-материальные, гигиенические, морально-психологические, эстетические и временные). Выделив сегодня время для методического, педагогического и психологического самоанализа урока астрономии, учитель сэкономит много времени и сил в последующие годы работы, так как самоанализ проведенных уроков — одна из эффективных форм повышения профессионального мастерства учителя астрономии.

Автор имел возможность убедиться в этом на опыте многолетней работы руководителем созданного им школьного астрономического кружка (школа № 1 г. Жуковского Московской области). Бу-

дучи еще школьником (а затем и студентом), автор увлеченно работал по следующей схеме: подготовка к занятию; его проведение и последующий не только методический, но и психолого-педагогический анализ. Знакомясь с авторской четырехгодичной программой кружка, крупный советский астроном П. П. Паренаго написал в своем отзыве, что если бы в МГУ приходили учиться выпускники таких кружков, то их можно было бы начинать учить астрономии по меньшей мере со второго курса.

Тогда автор, конечно, не знал, что наступит время, когда педагоги и методисты будут обязывать учителя проводить самоанализ своих уроков по строго разработанной схеме, включающей ряд вопросов.

1. Каковы место данного урока в теме, разделе курса и его связь с предшествующими уроками?

2. Какие особенности класса были учтены при планировании урока?

3. Какие задачи планировалось решить на уроке? Чем обосновывался такой выбор задач?

4. Чем обосновывался выбор структуры и типа урока?

5. Чем обосновывался выбор содержания, форм и методов обучения (по элементам урока)?

6. Какие условия (учебно-материальные, гигиенические, морально-психологические, эстетические и временные) были созданы на уроке?

7. Были ли отклонения от плана урока? Почему? Какие именно? К чему они привели?

8. Как можно оценивать результаты урока? Решены ли его задачи? Не было ли перегрузки учащихся?

9. Какие выводы на будущее можно сделать из результата урока?

Думается, что это полезная схема самоанализа, хотя и она будет, конечно, обогащена творчески работающими учителями.

## **1.2. Алгоритм анализа урока**

Автору представляется наиболее удобным для работы учителя предложенное в свое время Ю. К. Бабанским «комплексное планирование задач», изложенное в ставших классическими его книгах.

### **I. Цель урока.**

### **II. Основная воспитательная идея.**

### **III. Комплексные задачи урока.**

#### *1. Доминирующие образовательные задачи:*

а) ввести или продолжить формирование понятия, теории, закона, факта науки;

б) ввести или продолжить формирование специальных умений и навыков;

в) продолжить формирование общенаучных умений и навыков (планирование ответа, навыки работы с книгой, навыки самоконтроля, расчетные навыки, наблюдения).

## 2. Доминирующие воспитательные задачи:

а) содействовать формированию основных мировоззренческих идей (материальность мира, причинно-следственные связи, развитие в природе, познаваемость мира и его закономерностей, обусловленность развития науки потребностями производства);

б) для воспитания у учащихся таких нравственных качеств, как гуманизм, патриотизм и интернационализм, сделать акцент на соответствующие вопросы, темы урока и т. д.;

в) содействовать эстетическому воспитанию учащихся, знакомя их с эстетикой природы и науки.

## 3. Доминирующие задачи развития:

а) для развития интеллекта научить выделять в материале главное (ключевые слова, основные идеи и т. д.), сравнивать и обобщать факты, логично излагать мысли (составление плана ответа на урок в целом и на отдельные его вопросы), анализировать иллюстративный материал;

б) для развития воли и самостоятельности формировать умение преодолевать трудности (использовать при этом проблемные ситуации, творческие задания, наблюдения и т. д.);

в) для развития эмоций создавать эмоциональные ситуации (удивление, радость, занимательность, парадоксальность), используя яркие примеры, иллюстрации (содержащиеся в учебнике, диафильме, таблицах, компьютерной программе, научно-популярных книгах и журналах);

г) для развития познавательных интересов и способностей использовать данные о новостях науки (рекомендуем регулярно сообщать на уроках о новостях астрономии и космонавтики, полученных из Интернета или из СМИ и подготовленных либо учителем, либо учащимися), проблемные и игровые ситуации, данные о связи микро- и мегамира, разъяснение общечеловеческих проблем;

д) для развития наиболее подготовленных учащихся (их интеллекта, воли, эмоций, способностей) предусмотреть следующие виды их деятельности: самостоятельную работу с дополнительной научно-популярной литературой (книгами и журналами); подготовку рефератов и проектов; посещение научно-популярных лекций; самостоятельные наблюдения; выступления с сообщениями, лекциями и докладами о достижениях астрономии, космонавтики; участие в выпуске школьной астрономической газеты и астрономического календаря; подготовку к астрономическим олимпиадам и конкурсам; подготовку к поступлению на физические факультеты университетов, которые готовят учителей или профессиональных астрономов; участие в работе школьного астрономического кружка или кружках при городских домах детского творчества и юношеских астрономических обсерваториях.

**IV. Структура урока**, вытекающая из его специфики: доминирующие (и вариативные) приемы и методы организации деятельности учащихся, повторения, изложения нового материала и закрепления.

**V. Учебное оборудование.**

**VI. Межпредметные связи.**

**VII. План урока** (план всего урока или план изложения нового материала).

**VIII. Задание на дом** (мы будем указывать то, что нужно всем учащимся, а учитель сам составит дополнительные задания для интересующихся).

**IX. Анализ дидактического материала.**

**X. Методические рекомендации.** Выделение главного для данного урока и анализ вопросов, вызывающих затруднения у учащихся. Рекомендации по оформлению классной доски. Важно продумать и вопросы, связанные с организацией наблюдений и внеучебной работой.

Все уже известное учителю астрономии об оптимизации учебно-воспитательного процесса останется пустым звуком, если идеи оптимизации не будут воплощены в повседневной деятельности преподавателя, в его работе по подготовке и проведению каждого урока, каждого внеурочного мероприятия. В приведенных ниже разработках урока не пересказывается материал учебника астрономии, но выделяется главное и, если нужно, даются ненавязчивые рекомендации по поводу того, что и как может сделать учитель, чтобы наиболее эффективно организовать деятельность (активную работу) учащихся на уроке. Только в этом случае подготовка к уроку превратится из составления формального конспекта в конструирование модели урока. Однако осуществление такого многоэлементного, сверхтонкого психолого-педагогического и методического анализа каждого урока — дело очень трудное и, надо прямо сказать, не всегда нужное во всех деталях. Поэтому в данном пособии предлагается один из возможных вариантов (или иногда несколько вариантов) моделирования или конструирования урока. Пожалуй, именно вариант конструирования, потому что полноценный современный урок должен быть научно обоснован, точно и надежно сконструирован, как это требуется в технике при создании машин и механизмов. Автор не берет на себя полностью решение этой задачи. Его соавтором по конструированию каждого урока должен быть учитель астрономии, чей творческий поиск, основанный на опыте, инициативе и учете конкретных условий работы, внесет существенные коррективы в предложенные разработки.

### **I.3. О поурочном распределении учебного материала**

Опыт преподавания астрономии подтверждает необходимость поурочного планирования учебного материала, содержащего распределение каждой темы по урокам. Однако нередко составление поурочного плана осложняется имеющимися расхождениями меж-

ду программой и учебником. Конечно, поурочно распределяя учебный материал (планирование), можно воспользоваться всеми имеющимися программами и учебниками. Но нужно ли это делать? Должен ли учитель тратить на это свое драгоценное время, взяв на себя преподавание предмета по выбору? Автор убежден, что в этом нет необходимости. Астрономы-методисты обязаны максимально освободить учителя от подобной работы, значительную часть которой они обязаны выполнить сами. Практически это означает, что учебник должен в максимальной степени соответствовать программе и в его структуре необходимо запрограммировать примерное поурочное распределение учебного материала.

Именно таков учебник «Астрономия, 11» автора данной книги. Вероятно, поэтому данный учебник сейчас признан, по мнению учителей, наиболее распространенным в России (хотя, конечно, и он нуждается в дальнейшем совершенствовании). Применительно к этому учебнику и выполнена приведенная ниже поурочная научно-методическая разработка курса школьной астрономии, которая в первую очередь будет полезна начинающим учителям астрономии и может стать определенной ориентировочной основой в работе более опытных учителей.

Предваряя следующую главу данной книги, содержащую поурочный научно-методический анализ курса астрономии, сделаем некоторые замечания.

1. В полном соответствии с учебником «Астрономия, 11» во второй главе рассматриваются в основном вопросы, связанные с изучением на уроках нового материала.

2. Автор считает, что по своему усмотрению учитель может выделить время на уроке (или отдельные уроки) для проверки знаний учащихся (объединив, например, темы некоторых уроков, как в случае уроков по практической астрономии или космогонии).

3. Астрономические наблюдения (и практические работы) могут быть проведены во внеурочное время.

4. Предлагаемое поурочное распределение материала точно соответствует последовательности и нумерации параграфов учебника «Астрономия, 11», но в случае необходимости учитель может, конечно, воспользоваться другими вариантами поурочного планирования, часто публикуемыми в периодической печати (журнал «Физика в школе», газета «1 сентября» и т. д.).

#### **I.4. Непосредственная подготовка к проведению уроков**

1. В настоящее время в российских школах практически нет учителей астрономии (за исключением редких случаев, когда в некоторых школах преподают астрономию специалисты — профессиональные астрономы или опытные любители астрономии). Обыч-

но астрономию преподают в школах учителя физики (или географии), получившие определенную подготовку в педвузе и для которых астрономия не является основным предметом. Между тем в каждой школе нужен хотя бы один учитель, знающий астрономию и не только умеющий обеспечить на достаточно высоком уровне преподавание курса астрономии в выпускном классе, но и способный:

а) оказывать помощь учителям, преподающим другие предметы, содержащие элементы астрономии;

б) проводить разнообразные внеклассные (и внешкольные) мероприятия (астрономические олимпиады, вечера, диспуты, конкурсы и т. д.);

в) вести факультативные курсы в разных классах (начиная с начальной школы).

Все это, конечно, под силу учителю, который обладает солидной подготовкой и непрерывно повышает свою квалификацию.

2. Непосредственной подготовке к уроку должна предшествовать определенная работа, включающая:

а) ознакомление с данной книгой, учебником астрономии и, желательно, с «Дидактикой астрономии» автора, а также с его рабочей тетрадь-альбомом «Астрономия, 11» (М.: Артефакт-стиль, 2001)<sup>1</sup>;

б) подбор дополнительной литературы для себя и учащихся (подробная библиография содержится в справочной и энциклопедической литературе, в *приложениях учебника*);

в) оборудование астрономического уголка в кабинете физики минимумом наглядных и аудиовизуальных пособий, оптических инструментов (бинокль, телескоп), раздаточным материалом и т. д.

Кроме того, желательно предварительно уточнить, в каких классах и в курсах каких предметов учащиеся знакомились с астрономией в школе, проводили ли они какие-нибудь астрономические наблюдения, имеют ли собственные бинокли (телескопы), научно-популярные книги и энциклопедии по астрономии и космонавтике, заходят ли на тематические сайты.

В сельских школах, а также в школах-интернатах можно ориентироваться на проведение некоторых уроков астрономии под открытым небом (днем, наблюдая Солнце в телескоп, а вечером, изучая звездное небо и проводя телескопические наблюдения Луны и планет).

Наконец, перед началом учебного года надо постараться установить связь с ближайшим планетарием, астрономической обсерваторией, музеем космонавтики, чтобы договориться об отдельных посещениях или курсах лекций, а также о включении своих любознательных учеников в число кружковцев (если, конечно, там работают астрономические или аэрокосмические кружки).

---

<sup>1</sup> Большую помощь в работе окажет учителю недавно переизданный «Справочник любителя астрономии» П. Г. Куликовского (М.: УРСС, 2002).



3. При наличии научно-методической разработки курса астрономии (следующая глава книги) составление конспекта предстоящего урока не должно вызывать у учителя значительных затруднений, хотя эти разработки не являются стандартными рецептами, а потому имеют примерный характер, всякий раз давая возможность учителю проявить свою творческую индивидуальность. В частности, лишь в отдельных разработках упоминается об оформлении доски, а об этом учителю нужно подумать заранее. Хорошо, если на доске (или на кододиапозитиве) будет подготовлен опорный конспект, который уже длительное время применяют в своей работе многие учителя астрономии<sup>1</sup>. Форма опорного конспекта может быть произвольной, но абсолютно понятной и для учителя, и для учащихся. Не имея возможности найти какие-нибудь из изданных опорных конспектов, учитель может их составить сам. Опорный конспект должен содержать тему урока, его план, перечень вводимых понятий, дидактический материал (формулы, типовые задачи). Все это будет иметь более привлекательный вид, если основу опорного конспекта составит не текстовой, а рисованный материал (чертеж, рисунок и т. д.) с краткими надписями.

4. Приступая к изучению новой темы, полезно поместить на специальной доске в кабинете перечень вопросов (и задач), которые войдут в итоговое задание по окончании изучения данной темы (зачет, проверочная и контрольная работа). Там же желательно представить список рекомендуемой литературы и возможные темы рефератов и проектов по изучаемому разделу курса, рекомендовать некоторые сайты Интернета (например <http://www.astronet.ru/>).

5. Хорошо, если учащиеся, приходя на урок, обнаружат на стенде новости астрономии и космонавтики, а также заметки (или даже статьи) из журналов «Земля и Вселенная», «Звездочет» и др. Можно почти каждый урок в классе начинать с установки демонстрационной ПКЗН на данный день и час и с краткой информации о том, что можно на этой неделе наблюдать на небе и что нового в науке произошло за прошедшие одну-две недели.

6. Свой урок учитель будет планировать с учетом профиля школы, контингента учащихся и наличия предметов учебного оборудования. Но в любой школе и в любом классе учителю придется продумывать, что должны будут делать на уроке учащиеся и что будет делать он сам, так как лучшим теперь считается тот урок, на котором учитель выступает не в роли рассказчика, а в роли руководителя деятельности учащихся. Не забывайте о схеме «ученик — учебник — учитель» и помните при этом, что в любом классе есть сильные и слабые ученики, а вы должны проводить урок так, чтобы с интересом работали и те и другие.

---

<sup>1</sup> См.: Прахов С. В., Рысин М. Л., Молотков Ю. А. Опорные конспекты по астрономии. — Вологда, 1999.

## Глава II

### ПОУРОЧНЫЙ НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ АСТРОНОМИИ

#### **II.1. Общая характеристика и варианты изучения темы «Введение в астрономию»**

**I. Основное содержание:** а) место астрономии в современной системе наук; б) наблюдения как основа астрономии; в) звездное небо и его изменение в течение суток и года; г) понятие о счете времени.

**II. Основные цели и задачи:** а) опираясь на имеющиеся у учащихся астрономические знания, полученные в курсах природоведения, физической географии, физики и других предметов, расширить и углубить представление о специфике современной астрономии как о фундаментальной науке, которая неразрывно связана с другими науками о природе (прежде всего с физикой), с философией, с математикой и, конечно, с космонавтикой; б) объяснить наблюдаемое суточное движение светил; в) заинтересовать учащихся самостоятельными наблюдениями; г) дать необходимые инструкции по работе с учебником астрономии, ПКЗН и ШАК.

**III. Основные научные идеи:** астрономия необходима людям, поскольку она, во-первых, позволяет Человеку определить свое место во Вселенной; во-вторых, помогает правильно объяснить наблюдаемые явления; в-третьих, требуется для решения ряда практических задач (и потому используется в повседневной жизни людей, геодезии, картографии, мореплавании, авиации, космонавтике, а также открывает новые возможности для прогресса физики).

**IV. Основные формы изучения нового материала:** учебная лекция, самостоятельная работа учащихся с подвижной картой звездного неба, наблюдение звездного неба.

**V. Основные задачи учащихся:** а) понять, что они приступают к систематическому изучению очень важного и интересного для них предмета, и вспомнить, что первоначальные сведения по астрономии содержались в курсах изученных ими ранее предметов; б) понять принцип работы с учебником; в) научиться работать с ПКЗН и ШАК.

**VI. Основные методы проверки усвоения пройденного:** фронтальный опрос, тестирование или проверочные работы; для интересующихся астрономией, кроме того, возможны рефераты и зачеты. Возможна, но менее предпочтительна письменная контрольная работа по материалу первого раздела курса астрономии.

Необходимо обратить внимание на обширность первого раздела курса, его перегруженность понятиями, относящимися к предмету астрономии, методам и инструментам исследования, сферической и практической астрономии.

Здесь возникают два принципиальных вопроса. Первый относится к изложению всего курса астрономии (и к учебнику): нужно ли давать строгое определение каждого вводимого понятия? По нашему убеждению, это не во всех случаях обязательно. Необходимы определения важнейших понятий (например, определение понятия «астрономия»), т. е. тех, которые учащиеся должны выучить (что существенно для понимания учебного материала). Остальные вводимые понятия достаточно просто пояснить, не требуя от учеников строгих формулировок, запоминание которых чаще всего просто сводится к зубрежке. В отдельных случаях учащихся можно подвести к самостоятельной формулировке данного понятия (как это сделано, например в § 2<sup>1</sup> при введении понятия «созвездие»).

Второй вопрос менее общий, но тоже, безусловно, принципиальный: нужно ли выделять в специальный урок (и параграф учебника) «Методы астрономических исследований и инструменты»?

По мнению автора, делать этого не следует. Известно, что во многих прежних вариантах программы по астрономии и соответствующих изданиях прежнего (стабильного) учебника такие параграфы были, но себя не оправдали из-за недостаточности знаний учащихся по физике и из-за слабой связи материала выделенных параграфов с теми, где излагались результаты конкретных астрономических наблюдений и исследований. Как же лучше поступить, ведь нельзя же обучать основам астрономии, «скрывая» от учащихся методы получения астрономической информации и забывая о том, что нередко метод не менее важен, чем результат? Ответ на этот вопрос мы свяжем с анализом первого урока курса астрономии.

И наконец, отметим различия в подходе изучения в школе вопросов сферической и практической астрономии. В курсах космографии и математической географии они, как мы знаем, рассматривались весьма обстоятельно, так как составляли основу школьной астрономии. Им немалое внимание уделялось и в советской школе, особенно во время увлечения политехнизацией. Но когда акцент в определении содержания курса был перенесен на мировоззренческие вопросы, возникла проблема «дозировки» классической астрономии. Элементарные сведения о ней необходимы, но как доступно объяснить хотя бы элементарные вопросы? Надо ли, например, вводить понятие «небесная сфера», или можно его вообще не вводить, как это было сделано в учебнике «Астрономия» автора данной книги? Этот учебник, первоначально предназначавшийся для учащихся средних профтехучилищ,

---

<sup>1</sup> Здесь и далее приводятся параграфы учебника «Астрономия, 11» Е. П. Левитана.

вышел тремя изданиями в 1979, 1983 и 1988 гг. в издательстве «Высшая школа», а затем в 2003 г. в московском издательстве «Классик-стиль» («Краткая астрономия»). Под немалым нажимом рецензентов автор все-таки был вынужден включить элементы астрометрии в учебник «Астрономия, 11», но варианты их изучения могут быть, как мы увидим ниже, разные.

**VII. Астрономические наблюдения** — отыскание основных созвездий и самых ярких звезд осеннего неба.

## **Урок 1. Предмет астрономии**

**I. Цель урока:** дать представление о специфике объектов Вселенной, методах астрономии и роли современной астрономии в системе наук.

**II. Основная воспитательная идея.** Астрономия — древнейшая из наук, и необходимость ее изучения в том, что она дает возможность определить место Земли и Человека во Вселенной, решить многие практические задачи; астрономия неразрывно связана с философией, физикой и космонавтикой.

### **III. Комплексные задачи урока.**

#### *1. Доминирующие образовательные задачи:*

а) продолжить формирование понятий: звезды (преимущественно огромные раскаленные газовые шары), Солнце, Луна, планеты Солнечной системы, космические аппараты (ИСЗ, АМС); ввести новые понятия: астрономия, астрофизика, телескоп, визуальные и фотографические наблюдения, внеатмосферные наблюдения, обсерватории;

б) продолжить формирование навыков выполнения астрономических наблюдений;

в) продолжить формирование таких общенаучных умений и навыков, как навык самостоятельной работы с книгой и планирование ответа.

#### *2. Доминирующие воспитательные задачи:*

а) содействовать формированию основных мировоззренческих идей, показав связь развития астрономии с потребностями людей, подчеркнуть роль астрономии в формировании научного мировоззрения;

б) для воспитания патриотизма учащихся сообщить о приоритетных достижениях отечественной космонавтики;

в) привлечь внимание к эстетическим аспектам наблюдения величественной красоты звездного неба.

#### *3. Доминирующие задачи развития:*

а) для развития интеллекта учащихся учить их выделять главное в учебном материале (основные понятия, ключевые слова и идеи), делать сравнения (например, сравнивать методы астрономической и физической наук), изображать в виде наглядных схем связь астрономии с другими науками;

б) пояснить учащимся, что домашнее упражнение содержит и творческие задания, выполнение которых потребует не только сообразительности, но и умения самостоятельно работать с учебным материалом инструктивного характера (подготовка к работе подвижной карты звездного неба, ознакомление со структурой учебного пособия и «Школьного астрономического календаря»);

в) для эмоционального развития полезно, во-первых, подчеркнуть, что учащимся предстоит изучить «науку, которая не нуждается в прикрасах» (*Араго*); во-вторых, использовать диафильм «Предмет астрономии», наглядные таблицы, компьютерные слайды и т. д.;

г) для развития познавательных интересов и способностей учащихся создать на уроке представление об астрономии как одной из фундаментальных наук о природе, теснейшим образом связанной с другими науками и современным научно-техническим прогрессом;

д) побеседовать с учащимися, проявляющими интерес к углубленному изучению астрономии, ориентируя их прежде всего на самостоятельную работу с научно-популярной литературой (с журналами и книгами) и на выполнение самостоятельных астрономических наблюдений невооруженным глазом и с помощью простейшего самодельного телескопа.

**IV. Структура урока:** комбинированный урок, включающий организационный этап, вводную проверочную работу (12 мин), вводную лекцию (25 мин) и разъяснение домашнего задания (5 мин).

**V. Учебное оборудование** (выбрать из имеющегося в данной школе): фильмы «Предмет астрономии», «Крупнейшие советские астрономические обсерватории», таблицы («Астрономические обсерватории», «Спектральные исследования», «Радиоастрономия»), демонстрационная и ученическая ПКЗН, ШАК, видеофильм, обучающая компьютерная программа или научно-популярный CD-диск<sup>1</sup>.

**VI. Межпредметные связи.** Напомнить учащимся, что первоначальные сведения по астрономии они получили в курсах природоведения, физической географии, физики и даже на уроках по некоторым гуманитарным предметам (роль науки в современном мире, сущность мировоззрения).

**VII. План изложения нового материала:** а) что изучает астрономия; б) роль наблюдений и методы их выполнения; в) связь астрономии с другими науками; г) значение астрономии.

**VIII. Доминирующие приемы и методы.**

1. Проверочная работа включает лишь один из приведенных ниже вопросов, причем работа дается не на отметку и учащиеся

---

<sup>1</sup> Напомним, что в список учебного оборудования включается значительно больше того, что можно использовать на уроке; это позволяет преподавателю выбрать из имеющихся у него предметов учебного оборудования те, которые он считает наиболее целесообразными.

могут сами выбрать вопрос, который им представляется наиболее интересным для краткого ответа (в пределах одной страницы).

- 1) Зачем нужна астрономия?
- 2) Что такое Солнце (или Луна, Венера, Юпитер)?
- 3) Зачем нужно осваивать космос?
- 4) Что вы знаете о Галактике (или о Вселенной)?
- 5) Занимаются ли современные астрономы гаданием по звездам или предсказанием погоды?

Интересно (и в этом смысл вводной проверочной работы) сохранить полученные ответы до конца учебного года, с тем чтобы повторно предложить учащимся те же самые вопросы после изучения курса астрономии и зафиксировать на последнем уроке астрономии реальное продвижение в образовании и развитии школьников.

2. Можно в достаточной мере раскрыть тему урока в процессе демонстрации и комментирования фильма «Предмет астрономии». Если этого фильма нет (а также фильма «Что изучает астрономия»), то придется ограничиться демонстрацией таблиц, поясняющих основные методы астрономических исследований. Укажем принципиально иные варианты проведения первого урока (эти же варианты применимы и для следующего урока): работа с соответствующими мультимедийными материалами или, например, беседа под звездным небом либо искусственным небом планетария.

3. Учащимся нужно не просто продиктовать домашнее задание, но и пояснить, как работать с учебником (с. 3—4 учебника), а также показать им «Школьный астрономический календарь» (ШАК) и подготовленную к работе подвижную карту звездного неба (ПКЗН).

**IX. Задание на дом:** § 1. В-з<sup>1</sup>. к § 1.

**X. Анализ дидактического материала.** При выполнении домашнего задания В-з. № 6 не вызовет у учащихся затруднений, если учитель, демонстрируя фильм «Предмет астрономии», обратит их внимание на имеющиеся там соответствующие схемы.

**XI. Методические рекомендации.** Повторяем, что в условиях дефицита времени, отводимого на преподавание общеобразовательного курса астрономии, не нужно стремиться к формализации процесса обучения. То, что не только уместно, но и необходимо в общем курсе астрономии университетов и пединститутов, не должно механически переноситься в школьную астрономию. Поэтому на первом уроке (и в § 1 учебника) выделяется лишь один раздел («Роль наблюдений в астрономии»), где дается самое общее понятие об обсерваториях, телескопах-рефлекторах и реф-

---

<sup>1</sup> Здесь и далее вопросы-задания для самоконтроля в конце каждого параграфа учебника Е. П. Левитана «Астрономия, 11» обозначаются В-з.

ракторах, визуальных и фотографических наблюдениях (классическое перечисление преимуществ фотографического метода при этом необязательно), радиотелескопах и внеатмосферной (космической) астрономии, благодаря которой астрономия из оптической превратилась во всеволновую. Если учитель найдет возможным продемонстрировать на уроке фрагменты из учебных диафильмов «Предмет астрономии» и «Крупнейшие советские астрономические обсерватории» (или соответствующие наглядные таблицы по астрономии), то для первого урока этого вполне достаточно.

Подчеркнем, что таким будет лишь первое знакомство учащихся с методами астрономических и астрофизических исследований и инструментами, так как последующие уроки и страницы учебника вновь возвратят учащихся к ознакомлению с различными методами астрономических исследований, причем применительно к тем или иным результатам практической астрономии, астрофизики и внегалактической астрономии и т. д.

Итак, авторская позиция исходит из необходимости избегать формализма и зубрежки, не забывать, что речь идет об общеобразовательном курсе или о предмете по выбору, который будут изучать в основном подростки, для которых астрономия не станет профессией. «Не отбить интерес у тех, кто его у себя обнаружил, развить интерес у тех, кто пока еще равнодушен к науке о Вселенной» — таким должен стать девиз учителей астрономии.

Все сказанное выше ни в коей мере не сковывает творческую инициативу учителя астрономии: возможно, что он сочтет полезным дать больше строгих определений и выделить отдельный урок на изучение методов и инструментов современной астрономии.

На классной доске должны быть, например, следующие записи: вопросы к проверочной работе, тема урока, перечень основных понятий, план урока, домашнее задание (и некоторые другие по усмотрению учителя). Желательно после урока оставить интересующихся предметом учащихся и обсудить с ними возможные формы работы по астрономии во внеучебное время. Полезно с первого урока ориентировать учащихся на самостоятельную работу с учебником, причем не только дома, но и на уроке, так как не исключена возможность построения урока на основе самостоятельной работы с учебником. В этом случае формулируются тема и цель урока, учащимся отводится время на работу с учебником, а затем преподаватель предлагает им выделить главное в прочитанном. В активном режиме рекомендуется проводить уроки и в форме или учебной лекции, или комментированной демонстрации диафильмов. Материал учебника желательно дополнять сведениями о новейших достижениях в области космонавтики. Можно, например, сообщить о том, что в данный момент



происходит на Международной космической станции (МКС), что нового получили астрономы с борта Космического Телескопа Хаббла и находящихся в космосе АМС и т. д.

## Урок 2. Звездное небо

**I. Цель урока:** научить учащихся пользоваться картой звездного неба.

**II. Основная воспитательная идея.** В созвездия, с которыми издавна было связано множество мифов и легенд, входят звезды (и другие объекты, о которых учащиеся узнают в дальнейшем), расположенные в границах определенного участка неба, хотя на самом деле они находятся на огромных расстояниях и их соседство кажущееся.

**III. Комплексные задачи урока.**

1. *Доминирующие образовательные задачи:*

а) ввести понятия: созвездие, звездная карта (на примере ПКЗН);

б) продолжить формирование умения работать со звездной картой и справочными таблицами (приложения в учебнике, ШАК).

2. *Доминирующая воспитательная задача:* показать, что созвездие — это видимая с Земли картина расположения звезд в пределах данного участка звездного неба.

3. *Доминирующие задачи развития:*

а) для повышения интереса учащихся к изучаемым вопросам рекомендовать им познакомиться с мифами и легендами о звездном небе и способами отыскания созвездий (учебник, журналы «Земля и Вселенная», «Звездочет»), сообщить, что знание звездного неба необходимо не только морякам, летчикам, космонавтам, но и любому человеку;

б) учащимся, интересующимся астрономией, можно предложить подготовить рефераты о «достопримечательностях» различных созвездий.

**IV. Структура урока.** Урок близок к лабораторно-практической работе, в ходе которой учащиеся под непосредственным руководством преподавателя изучают схему взаимного расположения созвездий и ярких звезд (рис. 6 учебника) и звездную карту.

**V. Учебное оборудование:** демонстрационная и ученическая ПКЗН, фильмы «Звездное небо» и «Видимые движения светил», ШАК, «Учебный звездный атлас», компьютерные программы, содержащие «планетарий» и информацию о созвездиях.

**VI. Межпредметные связи:** история (мифы Древней Греции), ознакомление с основными буквами греческого алфавита.

**VII. План изложения нового материала:** а) что такое созвездие; б) основные созвездия.

**VIII. Задание на дом:** § 2. В-з. к § 2.

**IX. Анализ дидактического материала.** В В-з. к § 2 включены задания, связанные с работой с ПКЗН. Задания довольно простые и не вызовут затруднений у учащихся, если они на уроке поймут, как надо пользоваться ПКЗН. Например, чтобы описать вид звездного неба в указанное время, учащимся придется установить ПКЗН на данное время, рассмотреть, какие созвездия и в какой части неба будут видны, а затем, пользуясь соответствующей таблицей в приложении учебника, определить, как называются яркие звезды этих созвездий.

**X. Методические рекомендации.** Заметим, что изучать звездное небо днем на уроке в классе скучно. Лучше всего рассматривать настоящее звездное небо, причем такое занятие могло бы быть проведено задолго до этого (может быть, даже в предыдущем учебном году). Эффективно использование аппарата «планетарий». Поэтому уместны экскурсии в планетарий или посещение цикла учебных лекций в планетарии. Тогда материал § 2 поможет закрепить сведения, полученные во время вечернего урока под открытым небом или во время экскурсии. Если же это сделать невозможно, постарайтесь подготовить к уроку не только ученическую, но и демонстрационную ПКЗН. Полезны будут наглядные таблицы и учебные диафильмы («Звездное небо», «Видимые движения светил») и, конечно, компьютерный «планетарий».

Рассмотрение вопроса «Что такое созвездия?» рекомендуется начать проблемно. Поскольку о созвездиях Большой Медведицы и Малой Медведицы учащиеся имеют представление, уместно спросить у них: можно ли долететь до созвездия Большой (Малой) Медведицы? Можно ли долететь до Полярной звезды? Вряд ли потребуется много времени, чтобы выяснить, что к Полярной звезде полет принципиально возможен, а до какого-либо созвездия долететь вообще невозможно, поскольку соседство звезд в созвездиях кажущееся. После этого, используя § 2, нетрудно в ходе беседы с учащимися сделать вывод о том, что к созвездиям относят яркие и слабые звезды, видимые в пределах границ определенных участков звездного неба. Сочетание ярких звезд нередко образует хорошо запоминающиеся фигуры, которые можно показать, если использовать звездную карту, диафильмы и таблицы, а ПКЗН и схема взаимного расположения основных созвездий и ярких звезд (рис. 6 учебника) помогут учащимся находить созвездия на небе.

В § 2.2 описаны основные созвездия, и, возможно, его не следовало бы отмечать звездочкой, так как знать основные созвездия звездного неба полезно всем. Поэтому желательно научить школьников находить звездные треугольники сначала на ПКЗН, а затем на звездном небе (наблюдения под руководством учителя или самостоятельные наблюдения).

### Урок 3. Изменение вида звездного неба в течение суток

**I. Цель урока:** познакомить учащихся с изменением вида звездного неба в течение суток и выяснить сущность этого наблюдаемого явления.

**II. Основная воспитательная идея** данного и следующего уроков. Тщательный анализ наблюдаемых явлений дает возможность проникнуть в сущность, казалось бы, очевидных (но долгое время совершенно неправильно объясняемых) явлений.

**III. Комплексные задачи урока.**

1. *Доминирующие образовательные задачи:*

а) ввести понятия: небесная сфера, ось мира, полюсы мира, отвесная линия, зенит, надир, горизонт, небесный меридиан, суточное движение светил, кульминация, незаходящие, невосходящие, восходящие и заходящие светила, высота и азимут светила;

б) продолжить формирование умений и навыков работы с ПКЗН.

2. *Доминирующая воспитательная задача:* содействовать формированию навыка выявления причинно-следственных связей.

3. *Доминирующая задача развития:* используя проблемные ситуации, подвести учащихся к самостоятельному выводу о том, что вид звездного неба не остается одинаковым в течение суток.

**IV. Структура урока.** Значительную часть урока учащиеся под руководством учителя работают с ПКЗН (актуализация уже имеющихся знаний и подготовка к изучению нового материала). Для этого ПКЗН устанавливается на различное время одних и тех же суток (с целью выявления факта суточного движения светил и с целью изучения понятий «кульминация светила», «светила незаходящие» и т. д.). При этом хорошо, если учащиеся дополнят свои ПКЗН ниточкой, изображающей небесный меридиан.

**V. Учебное оборудование:** демонстрационная и ученическая ПКЗН, диафильм «Видимые движения светил», компьютерная учебная программа «Открытая астрономия» (необходимый для данного урока материал есть и в ряде других программ).

**VI. Межпредметные связи.** Необходимо напомнить учащимся, что с видимыми движениями светил, в частности Солнца, они знакомились прежде всего в курсах природоведения и физической географии; введение понятия об угловых измерениях на небесной сфере основывается на знаниях учащихся, приобретенных в курсе математики.

**VII. План изложения нового материала:** а) небесная сфера и ее вращение; б) горизонтальная система координат; в) изменение горизонтальных координат и кульминации светил.

**VIII. Задание на дом:** § 3. В-з. к § 3.

**IX. Анализ дидактического материала.** В-з. к § 3 позволяют учащимся, во-первых, проверить знание фактического материала

(В-з. № 1—3, 7); во-вторых, более глубоко понять учебный материал (В-з. № 4—8); в-третьих, выполнить упражнения с ПКЗН (В-з. № 9). Есть среди заданий и такое (В-з. № 8), которое требует от учащихся дать определения незаходящих, невосходящих, восходящих и заходящих светил. Для выполнения этого творческого задания учащимся придется проследить, где по отношению к небесному горизонту происходят верхняя и нижняя кульминации того или иного светила.

**Х. Методические рекомендации.** Можно различными способами показать учащимся суточное вращение небосвода. В § 3.1 используется анализ фотографии околополярной области неба (рис. 7 учебника), полученной с помощью неподвижной фотокамеры, которая была направлена на Полярную звезду. Ранее учащимся предлагалось задание, позволяющее выявить изменение вида звездного неба с помощью ПКЗН. Кроме того, нетрудно убедиться в этом же факте, наблюдая в школьный телескоп какую-либо звезду, планету или Луну (на глазах у учащихся наблюдаемое светило будет быстро смещаться в поле зрения неподвижного оптического инструмента).

Далее вводим понятие небесной сферы (даем строгое определение и подчеркиваем, что на небесной сфере проводят только угловые измерения), а затем объясняем причину кажущегося вращения небесной сферы. Но учитель может и не придерживаться этих рекомендаций, данных в учебнике, а вправе поступить по своему усмотрению: либо строго следовать методике изложения элементов сферической астрономии, принятой в учебнике, либо использовать более упрощенную методику, реализованную, например, в книге автора «Краткая астрономия».

Строгое введение понятия «небесная сфера» дает возможность четко показать элементы «математической географии» (ввести понятия линий и точек небесной сферы, координат и т. д.). Это интересно учащимся школ и классов с углубленным изучением математики, а также необходимо для работы во внеурочное время (например, при подготовке учащихся к олимпиадам).

Если учитель выбрал методику, изложенную в учебнике, то объяснение горизонтальных координат и кульминаций светил не требует никаких особых методических указаний: все необходимые понятия разъясняются во втором и третьем разделах § 3, а рисунки 8 и 9 учебника (их надо воспроизвести на доске) дополняют текстовую информацию. Эти несколько упрощенные чертежи будут восприниматься учащимися легче, если учитель покажет им модель небесной сферы или хотя бы диафильм о видимых движениях небесных светил. Наибольший эффект достигается при использовании демонстрационных возможностей аппарата «планетарий» или соответствующих компьютерных программ.

## Урок 4. Изменение вида звездного неба в течение года

**I. Цель урока:** познакомить учащихся с изменением вида звездного неба в течение года и дать объяснение наблюдаемому явлению.

**II. Основная воспитательная идея** была сформулирована при анализе предыдущего урока.

### **III. Комплексные задачи урока.**

1. *Доминирующие образовательные задачи:*

а) продолжить формирование понятий: дни равноденствия и солнцестояния;

б) ввести понятия: небесный экватор, экваториальные координаты светил, эклиптика, зодиакальные созвездия, знаки зодиака;

в) продолжить формирование навыков работы с ПКЗН.

2. *Доминирующая воспитательная задача:* показать несостоятельность астрологических предсказаний.

3. *Доминирующая задача развития:* основываясь на предлагаемых учителем упражнениях с ПКЗН, учащиеся должны «открыть», что вид звездного неба в течение года не остается одинаковым.

**IV. Структура урока.** Это комплексный урок, на котором нужно выделить время для проверки усвоения материала предыдущего урока (небольшой фронтальный опрос, упражнения с ПКЗН) и для изучения нового материала (объяснение учителя, работа с ПКЗН).

**V. Учебное оборудование:** демонстрационная и ученическая ПКЗН, фрагменты учебных кинофильмов, видеофильмов<sup>1</sup>, компьютерных программ «Открытая астрономия» и «Мультимедийная библиотека по астрономии» (ФИЗИКОН), географическая карта и географический глобус (для сравнения со звездной картой и звездным глобусом).

**VI. Межпредметные связи.** Необходимо опираться на знания учащихся, полученные ими в таких естественно-научных курсах, как природоведение, география, естествознание.

**VII. План изложения нового материала:** а) экваториальная система координат; б) видимое годичное движение Солнца.

**VIII. Доминирующие приемы и методы.** Наибольшие возможности для раскрытия этой непростой для учащихся темы урока предоставляют занятия, проводимые под искусственным небом планетария (городского или школьного). Но и в условиях обычного кабинета физики и астрономии проведение урока не должно сводиться к лекционному изложению материала. Наличие необходимого учебного оборудования (в крайнем случае ПКЗН)

---

<sup>1</sup> Здесь и далее надо иметь в виду, что сейчас наиболее доступны учителям видеофильмы, собранные в двух кассетах («Астрономия», ч. 1, 2. Видеостудия «Кварт»).

позволяет постоянно активизировать учащихся, например, подводя их к выводу о непригодности горизонтальных координат для построения звездных карт или к представлению о том, что годовое перемещение Солнца на фоне звездного неба — наблюдаемое явление и мы сейчас знаем его истинную причину.

**IX. Задание на дом:** § 4. В-з. к § 4.

**X. Анализ дидактического материала.** В-з. № 1 предлагает учащимся ответить на вопрос: в связи с чем появилась необходимость введения экваториальных координат светил? Предполагаемый на основе текста учебника ответ заключается в том, что для решения разных задач (например, для создания карт звездного неба) требовались координаты, которые не изменяются из-за суточного вращения небесной сферы. К этому правильному ответу можно сделать дополнение о том, что экваториальные координаты светил в настоящее время научились определять с большой точностью благодаря совершенству применяемых инструментов и методов.

В-з. № 2 связано с выполнением ряда упражнений с ПКЗН, а В-з. № 3—6 — с закреплением и углублением основного учебного материала.

Приведем ответы на В-з. № 2: а) на звездную карту нанесены звезды, имеющие склонения в пределах от  $+90^\circ$  до  $-45^\circ$ ; б) экваториальные координаты Денеба, Капеллы и Спика надо взять из таблицы «Основные сведения о наиболее ярких звездах, видимых в России» (приложения в учебнике); в) используя ту же таблицу, находим, что указанные в условии задачи приближенные экваториальные координаты относятся к звездам Арктур и Альдебаран. Трудным может оказаться для учащихся вопрос о сравнении суточных путей Солнца в разное время года (в дни равноденствий и солнцестояний). Для ответа на этот вопрос нужно последовательно устанавливать ПКЗН на данные дни, отмечая моменты восхода, кульминации, захода, а также приближенные полуденные высоты Солнца.

Ответ на В-з. № 3 можно дополнить информацией из отрывного календаря о том, что день не равен ночи 21 марта и 23 сентября (равноденствия по календарю бывают 17—18 марта и 26 сентября). Расхождение, достигающее нескольких минут, объясняется тем, что продолжительность дня — это время от восхода верхнего края диска Солнца до его наблюдаемого захода с учетом углового радиуса светила и атмосферной рефракции. И наконец, обратим внимание на расположение в пространстве плоскостей, эклиптики, земной орбиты и земного экватора (В-з. № 5, 6). Очевидно, что плоскость эклиптики совпадает с плоскостью земной орбиты (годовое движение Солнца — отражение обращения Земли вокруг Солнца), а угол между плоскостями экватора Земли и эклиптики равен углу между небесным экватором и эклиптикой ( $23^\circ 27'$ ).

**XI. Методические рекомендации.** Услышав о зодиакальных созвездиях, учащиеся весьма оживляются, наперебой сообщая: «я Рак», «я Водолей» и т. д., поскольку увлечение гороскопами сейчас стало всеобщим. По-видимому, целесообразно тему «Астрономия и астрология» изучить на внеклассном мероприятии, рассказав о возникновении и развитии астрологии и о том, что представляет сейчас эта «наука» и ее жрецы (дипломированные астрологи, подготовленные в специальных академиях). А на уроке, скорее всего, придется ограничиться сообщением о бессмысленности заявления «я Рак», указав на различие между зодиакальным созвездием (то, что мы наблюдаем на небе) и знаком зодиака (неким символом, введенным две тысячи лет назад и из-за прецессии земной оси «соскользнувшим» со своего созвездия). На пленке графопроектора или просто на классной доске надо показать две таблицы — «Солнце в зодиакальном созвездии» и «Солнце в знаке зодиака».

В том, что в настоящее время знаки зодиака и зодиакальные созвездия не совпадают, любой учащийся может убедиться сам, выяснив, в каком зодиакальном созвездии бывает сейчас Солнце в день рождения интересующегося школьника. Для этого надо взять основной круг ПКЗН (т. е. карту звездного неба) и посмотреть, в какой точке карты (и в каком зодиакальном созвездии) отрезок прямой, соединяющей на карте полюс мира и выбранную дату, пересекает эклиптику.

Можно упомянуть и о «несостоявшемся» тринадцатом зодиакальном созвездии — созвездии Змееносца (журнал «Наука и жизнь», 1995 г., № 5).

В учебнике изложение основ сферической и практической астрономии и изучение небесных координат проводится в связи с рассмотрением определенных небесных явлений. Так, при изучении изменения вида неба в течение суток и введении понятий: кульминации, незаходящие и невосходящие светила — рассматривается система горизонтальных координат (§ 3). А при изучении изменения вида звездного неба в течение года рассматривается система экваториальных координат, которая вводится по аналогии с известными учащимся географическими координатами (§ 4). Точки и линии небесной сферы в учебнике тоже вводятся не сразу, а по мере необходимости (например, небесный горизонт в связи с горизонтальными координатами, небесный экватор — с экваториальными).

Объяснив экваториальные координаты (рис. 12 учебника), переходим к трудному вопросу о видимом годичном движении Солнца. Используемый в учебнике методический подход основывается на простой идее: в отличие от звезд, экваториальные координаты которых на протяжении сравнительно небольших промежутков времени не изменяются, экваториальные координаты Солнца непрерывно изменяются в течение года. Зная их в дни равноденствия и солнцестояния, фиксируем положение эклиптики (большого круга небесной сферы, который описывает центр Солнца в течение



года) по отношению к небесному экватору. Попутно выясняется геометрический смысл точки весеннего равноденствия, которая оказывается одной из точек пересечения экватора и эклиптики (рис. 13 учебника). То, что в этой точке центр Солнца бывает в день весеннего равноденствия, отмечается несколько раньше в связи с выбором начала отсчета прямых восхождений светил.

Далее вводится понятие «зодиакальное созвездие» и объясняется, что видимое движение Солнца по эклиптике есть отражение истинного орбитального движения Земли (рис. 14 учебника), а также рассматривается изменение звездного неба в течение года. Последовательность объяснения изменения вида звездного неба в течение года приводится ниже.

1. Мы умеем с помощью ПКЗН выявлять суточное вращение небесной сферы.

2. Теперь попытаемся выявить еще одно важное явление: в разные дни года в одно и то же время вид звездного неба неодинаков.

3. Для этого проследим, каким будет вид звездного неба в 22 часа в разные дни (1 января, 15 марта, 25 июня и т. д.).

4. Обнаруживаем, что в эти дни в 22 часа восходят, кульминируют и заходят каждый раз другие звезды (созвездия), а повторяется картина, которую мы зафиксировали в какой-либо день (например, 15 марта), только через год.

5. К сказанному добавляем, что в любой день прямое восхождение Солнца, находящегося в полночь в нижней кульминации, отличается ровно на 12 часов от прямого восхождения звезды, которая в это же время находится в верхней кульминации. Но так как в разные дни года в полночь в верхней кульминации последовательно бывают разные звезды, то непрерывно изменяется прямое восхождение центра Солнца.

## **Урок 5. Способы определения географической широты**

**I. Цель урока:** дать представление учащимся об определении географической широты с помощью астрономических наблюдений.

**II. Основная воспитательная идея** данного и следующего уроков заключается в том, что астрономия, являясь фундаментальной наукой, имеет важные практические приложения, к числу которых на протяжении многих лет относились определение географических координат и измерение времени.

**III. Комплексные задачи уроков** по основам практической астрономии.

1. *Доминирующие образовательные задачи:*

а) развить имеющиеся у учащихся представления об ориентировании, географических координатах и определении времени;

б) ввести новые понятия, в основном связанные с системами счета времени.

2. *Доминирующая воспитательная задача:* продемонстрировать возможность математизации наблюдаемых явлений с целью получения результатов, важных для практической деятельности людей.

3. *Доминирующая задача развития:* «вооружить» учащихся формулами, на основе которых они сумеют решать различные задачи по практической астрономии (в том числе предлагаемые на астрономических олимпиадах). Кроме того, необходимо отметить важность материала данного урока для развития пространственного представления у учащихся.

**IV. Структура урока:** фронтальный опрос или небольшая проверочная работа, в которые могут быть включены вопросы из упражнений к предыдущим двум урокам (или подобраны аналогичные им); объяснение нового материала.

**V. Учебное оборудование.** Для объяснения способа определения географической широты может пригодиться географический глобус (желательно продемонстрировать его вместе с моделью из картона, которая изображает горизонт с отвесной линией и частично воспроизводит рисунок 15 учебника). Фрагменты из компьютерных программ.

**VI. Межпредметные связи.** Изложение нового материала должно опираться на знания учащихся по географии и математике (алгебре и геометрии).

**VII. План изложения нового материала:** а) высота полюса мира и географическая широта места наблюдения; б) суточное движение звезд на разных широтах; в)\* связь между величинами  $\delta$ ,  $z$  (или  $h$ ) и  $\varphi$ ; г) способ решения типовой задачи (пример 1 из учебника).

**VIII. Доминирующие приемы и методы.** Новый материал целесообразно в основном изложить в форме учебной лекции.

**IX. Задание на дом:** § 5 (1, 2, 3\* — этот раздел параграфа изучается в классах, где учащиеся интересуются математикой).

**X. Анализ дидактического материала.** В § 5 впервые встречается пример решения типовой задачи (пример 1), причем чертеж не дан, но он должен быть сделан вместе с учащимися, для того чтобы выяснить, какой из двух формул учебника (3" или 4") нужно воспользоваться. Разумеется, при изображении на чертеже точной параллели (или точки верхней кульминации данного светила) достаточно округлить данные значения  $\delta$  и  $\varphi$ . Разбор этого примера поможет учащимся решить дома В-з. к § 5, причем необходимое значение склонения Капеллы они возьмут из соответствующей таблицы приложения в учебнике. Прежде всего для решения В-з. № 5 нужно определить, где кульминирует Капелла — к югу или к северу от зенита. Для этого делаем чертеж, аналогичный тому, что приведен на рисунке 16 учебника, и убеждаемся, что звезда кульминирует к югу от зенита. Тогда из формулы 3' находим  $\varphi$ , взяв значение  $\delta$  из таблицы:

$$\begin{aligned}\varphi &= \delta_1 + (90^\circ - h_1), \\ \varphi &= 45^\circ 58' + (90^\circ - 79^\circ 17') = 56^\circ 41'.\end{aligned}$$

Чтобы решить В-з. № 3\*, надо воспользоваться рисунком 16 учебника:

$$\begin{aligned}\widehat{Q_1M'_1} + \widehat{M'_1Z} + \widehat{ZQ} &= 180^\circ, \text{ или } \delta + z + \varphi = 180^\circ, \\ \text{откуда } \varphi &= 180^\circ - (\delta + z).\end{aligned}$$

В-з. № 4\* отмечено звездочкой, поскольку не всегда учащиеся осознают неопределенность понятия небесного меридиана на земных полюсах, где ось мира совпадает с отвесной линией, суточные пути светил располагаются параллельно горизонту, а понятие кульминаций теряет смысл.

Звездочкой отмечено и В-з. № 6\*. План решения этой задачи может быть следующим:

1) делаем чертеж, аналогичный приведенному на рисунке 16 учебника, с учетом приближенных численных значений высот звезды в кульминациях;

2) выясняем, что верхняя кульминация светила происходит к северу от зенита:  $(h_1 + h_2) < 90^\circ$ , где  $h_1$  и  $h_2$  — высоты звезды в нижней и верхней кульминациях; зная  $h_1$  и  $h_2$ , можно легко найти  $\varphi$ ;

3) из системы уравнений (4) и (6) учебника находим искомые  $\varphi$  и  $\delta$ , зная, что  $z_1 = 90^\circ - h_1$  и  $z_2 = 90^\circ - h_2$ .

О т в е т:  $\varphi = 43^\circ 20'$  и  $\delta = 82^\circ 34'$ .

И наконец, отвечая на В-з. № 8, нужно вспомнить, что Солнце всегда кульминирует к югу от зенита (в полдень).

**XI. Методические рекомендации.** Угловые измерения на небесной сфере необходимы при решении ряда важных задач практической астрономии. Идея решения одной из них (определение географической широты) достаточно подробно изложена в данном параграфе, в первом разделе которого доказывается теорема (рис. 15 учебника) о равенстве высоты полюса мира и географической широты ( $h_p = \varphi$ ).

Второй раздел этого параграфа дает представление о том, как на основе данной теоремы можно провести аналитическое исследование суточного движения светил на разных широтах. Это явление на средних широтах ( $0^\circ < \varphi < 90^\circ$ ) было изучено в § 3.3, а здесь рассматриваются два случая для предельных значений  $h_p$  и  $\varphi$  ( $\varphi = h_p = 90^\circ$  и  $\varphi = h_p = 0^\circ$ ). В учебнике не даны соответствующие рисунки небесной сферы (их учащиеся могут сделать самостоятельно при выполнении домашнего задания), а на уроке суточное движение небесных сфер на полюсе и экваторе Земли следует показать на модели небесной сферы и с помощью соответствующих кадров диафильма о видимых движениях светил.

В § 5.1 и 5.2 изложены основы приближенного определения географической широты (по высоте Полярной звезды или по расположению суточных параллелей светил по отношению к горизонту). Вывод точных формул содержится в § 5.3\*, отмеченном

звездочкой лишь во избежание перегрузки учащихся. Из рассмотрения модели небесной сферы или рисунка 16 учебника, на котором изображена небесная сфера в проекции на плоскость меридиана, непосредственно устанавливается связь между величинами  $\varphi$ ,  $z$  (или  $h$ ) и  $d$  для светил, верхняя кульминация которых происходит к югу (при  $\delta < \varphi$ ,  $\overline{QM_1} < \overline{QZ}$ ) или к северу (при  $\delta > \varphi$ ,  $\overline{QM_2} > \overline{QZ}$ ) от зенита. Обобщенная формула (5) из учебника дает возможность вычислить географическую широту по измерениям зенитного расстояния светила с известным склонением ( $\varphi = \delta \pm z$ ), а по формулам (3") и (4") можно вычислить высоту светила в верхней кульминации.

Так как Солнце кульминирует над точкой юга, то его полуденную высоту в любой день года можно вычислить по формуле (3"), что и требуется выяснить в В-з. № 8.

На рисунке 16 учебника точками  $M'_1$  и  $M'_2$  обозначены положения соответствующих светил в нижней кульминации. Для обоих светил, очевидно,  $\varphi + \delta + z = 180^\circ$ , или  $\varphi = 180^\circ - (z + \delta)$ .

Это и есть формула (6) из учебника, которую учащимся предлагается вывести самостоятельно в В-з. № 3.

## Урок 6. Основы измерения времени

**I. Цель урока:** познакомить учащихся с астрономической основой измерения и счета времени.

**II. Продолжить формирование понятий:** московское время, календарь, новый и старый стиль, простой и високосный год.

**III. Ввести новые понятия:** истинное и среднее солнечное время, местное время, всемирное время, поясное время, декретное время, летнее и зимнее время, тропический год, юлианский календарь, григорианский календарь.

**IV. Структура урока:** краткий фронтальный опрос по основному содержанию предыдущего урока, объяснение нового материала (учебная лекция).

**V. Учебное оборудование:** ПКЗН, материал по теме урока, который можно найти в учебных компьютерных программах (например, в «Открытой астрономии»; желательно продемонстрировать карту часовых поясов России).

**VI. Межпредметные связи** в первую очередь относятся к связи курса астрономии с курсом географии. Использование формул на уроке и изложение проблем календаря предусматривают актуализацию знаний учащихся по математике и истории.

**VII. План изложения нового материала:** а) что лежит в основе счета различных промежутков времени; б) связь между временем и географической долготой; в) летосчисление.

**VIII. Доминирующие приемы и методы:** фронтальный опрос с возможным применением несложных тестов, учебная лекция с

использованием имеющегося учебного оборудования, анализ типовой задачи из учебника (пример 2).

**IX. Задание на дом:** § 6. В-з. к § 6.

**X. Анализ дидактического материала.** В В-з. к § 6 содержится 6 вопросов-заданий. Ответы на В-з. № 1 и 2 не должны вызвать затруднений.

**В-з. № 3.** Во Владивостоке ( $\lambda = 8^{\text{ч}} 47^{\text{м}}$ ,  $n = 9$ ) 15 мая  $6^{\text{ч}} 50^{\text{м}}$  вечера. Какое в этот момент среднее, поясное и местное время в Омске ( $\lambda = 4^{\text{ч}} 54^{\text{м}}$ ,  $n = 5$ )?

В-з. № 3 запишем кратко, как пример 2 учебника, используя индексы: В — Владивосток; О — Омск; м — местное время;  $T_0$  — всемирное время; ч — час; м — минута.

<p><b>Д а н о:</b>  <math>\lambda_{\text{В}} = 8^{\text{ч}} 47^{\text{м}}</math>  <math>n_{\text{В}} = 9</math>  <math>T_{\text{В}} = 18^{\text{ч}} 50^{\text{м}}</math>  <math>\lambda_{\text{О}} = 4^{\text{ч}} 54^{\text{м}}</math>  <math>n_{\text{О}} = 5</math></p> <hr style="border: 0; border-top: 1px solid black;"/> <p><math>T_{\text{О}\lambda} - ?</math>  <math>T_{\text{О}n} - ?</math>  <math>T_{\text{О}м} - ?</math></p>	<p><b>Р е ш е н и е:</b>  <math>T_0 = T_{\text{В}} - n_{\text{В}} - 2^{\text{ч}} = 7^{\text{ч}} 50^{\text{м}};</math>  <math>T_{\text{О}\lambda} = T_{\text{В}} + \lambda_{\text{О}} = 12^{\text{ч}} 44^{\text{м}};</math>  <math>T_{\text{О}n} = T_0 + n_{\text{О}} = 12^{\text{ч}} 50^{\text{м}};</math>  <math>T_{\text{О}м} = T_{\text{О}n} + 2^{\text{ч}} = 14^{\text{ч}} 50^{\text{м}}.</math></p>
---	--

**В-з. № 4\*.** Самолет вылетел 10 ноября из Екатеринбурга ( $n = 4$ ) в  $11^{\text{ч}} 20^{\text{м}}$  и прибыл точно по расписанию в Иркутск ( $n = 7$ ) в  $17^{\text{ч}} 45^{\text{м}}$ . Сколько времени он летел? Моменты вылета и прибытия указаны в расписании по местному времени этих городов.

<p><b>Д а н о:</b>  <math>n_{\text{Е}} = 4</math>  <math>T_{\text{Е}} = 11^{\text{ч}} 20^{\text{м}}</math>  <math>n_{\text{И}} = 7</math>  <math>T_{\text{И}} = 17^{\text{ч}} 45^{\text{м}}</math></p> <hr style="border: 0; border-top: 1px solid black;"/> <p><math>\Delta T - ?</math></p>	<p><b>Р е ш е н и е:</b>          Выразим время вылета и прибытия через всемирное время следующим образом (<math>\lambda_{\text{Е}} \approx 4^{\text{ч}}</math>; <math>\lambda_{\text{И}} = 7^{\text{ч}}</math>):  <math>T'_0 = T_{\text{Е}} - n_{\text{Е}} = 7^{\text{ч}} 20^{\text{м}};</math>  <math>T''_0 = T_{\text{И}} - n_{\text{И}} = 10^{\text{ч}} 45^{\text{м}};</math>  <math>\Delta T = T''_0 - T'_0 = 3^{\text{ч}} 25^{\text{м}}.</math></p>
---	---

**В-з. № 6\*.** М. В. Ломоносов родился 8 ноября 1711 г. Какого числа отмечалось 300-летие великого русского ученого?

**Р е ш е н и е.** М. В. Ломоносов родился 8 ноября 1711 г. по старому стилю. В это время (в XVIII в.) расхождение между юлианским и григорианским стилями составляло 12 сут. (а не 13 сут., как сейчас), т. е. по новому стилю М. В. Ломоносов родился 20 ноября 1711 г. Отмечать 300-летие со дня рождения великого ученого следовало 20 ноября 2011 г.

**XI. Методические рекомендации.** Данный урок, как и предыдущий, рассматривает вопросы практической астрономии (измерение времени и определение географической долготы). Матери-

ал § 6 довольно конспективен, поскольку в один урок невозможно включить подробное изложение современного состояния затронутых в нем вопросов.

После краткого введения, содержащего философскую постановку проблемы измерения времени и идею практического ее решения (в основу различных систем счета времени положены наблюдаемые астрономические явления — суточное вращение небесной сферы и годовое движение Солнца по эклиптике), вводятся понятия: истинный полдень (полночь), истинные солнечные сутки, средние солнечные сутки. Далее по формуле (7) учебника устанавливается связь времени в данном месте с географической долготой  $\lambda$  и со всемирным временем, что позволяет легко перейти к важному соотношению (8), которое и используется для определения географической долготы места наблюдения. Таким образом, из § 5 и 6 учащиеся получают достаточно полное представление об определении географических координат  $\varphi$  и  $\lambda$ .

Затем вводятся понятия поясного и летнего времени (9), (11), дается вывод формулы (10), полезной для решения ряда несложных задач.

Надо подчеркнуть, что множество «разных времен» (среднее, местное, поясное, декретное, летнее) продиктовано интересами практики (В-з. № 1 к § 6). Но объективно существующее время, конечно, одно.

Типовая задача (пример 2) показывает учащимся, как применять новые для них формулы, и облегчает решение В-з. № 4 и 5. Полезно обратить внимание учащихся на то, что в ШАК моменты большинства астрономических явлений (кроме моментов восходов и заходов планет) даны по московскому времени с учетом сдвига в весенне-летний период (что подчеркивается в предисловии к ШАК). Жители разных мест России хорошо знают отличие своего времени от московского, прибавляя к своему времени необходимую поправку, кратную целым часам. (Москва живет по II часовому поясу, в III часовом поясе время будет на 1 ч больше, в IV — на 2 ч больше и т. д. до XII пояса, до которого простирается наша страна.)

Напомним также, что на накладном круге ПКЗН указаны часы суток по среднему солнечному времени ( $T_\lambda$ , непосредственно связанное с географической долготой). Чтобы перейти от показаний  $T$  наших часов к среднему солнечному времени  $T_\lambda$ , надо ввести поправку, которая в осенне-зимний период будет  $\tau_\lambda = \Delta T + 3^m - \lambda$ , где  $\Delta T$  — отличие времени данного пункта от московского;  $\lambda$  — географическая долгота данного пункта.

В весенне-летний период  $t_1 = \Delta T + 4^m - 1$ .

Как разъясняется в ШАК, если  $T_\lambda \leq 15$  мин, то можно пользоваться временем, принятым в данном пункте. Если  $T_\lambda$  значительно больше, то момент по среднему времени будет  $T_\lambda = T - t_\lambda$ .

Следует иметь в виду, что при подготовке к олимпиадам этих сведений окажется недостаточно: надо быть знакомым, например, со звездным и истинным солнечным временем.

Мы вводим на уроке понятие «истинное солнечное время», но не развиваем его, что могут заметить любопытные учащиеся. Напомним, что истинное солнечное время  $T_{\odot}$  связано со средним солнечным значением времени  $\eta$  соотношением  $\eta = T_{\lambda} - T_{\odot}$ .

Узнать значение  $\eta$  можно из соответствующих таблиц и графиков, которые даются в астрономических календарях или в «Справочнике» П. Г. Куликовского. Например, в момент весеннего равноденствия оно составляет +7,5 мин (так как в этот день через меридиан наблюдателя «среднее экваториальное Солнце» проходит на 7,5 мин раньше центра диска истинного Солнца). В истинный полдень тень от гномона совпадает с полуденной линией. Это позволяет продемонстрировать учащимся наступление истинного полдня и отметить при этом время на обычных часах, предварительно тщательно их проверив. В этот момент всемирное время  $T_0 = T_{\lambda} - \lambda = T_{\odot} + \eta - \lambda$ , а, например, местное время в пункте наблюдения окажется  $T_{\lambda} = T_0 + n + 1^u = T_{\odot} + \eta - \lambda + n + 1^u$  (его и должны показывать часы наблюдателя в истинный полдень — в момент верхней кульминации Солнца).

Заинтересованным учащимся можно предложить сделать (для себя или для школы) солнечные часы (вертикальные или горизонтальные), воспользовавшись соответствующими инструкциями в справочной литературе.

На внеклассных занятиях нужно будет познакомить учащихся со второй системой экваториальных координат, звездным временем и формулами, связывающими звездное и солнечное время. В связи с проблемой определения точного времени и географических координат будет небезынтересно рассказать и о физических хранителях и эталонах времени, а также о высокоточной спутниковой навигации. Что же касается обязательного для всех материала, то даже § 6.3\* отмечен звездочкой, т. е. этот раздел (а также В-з. № 6, 7) является необязательным. Последний абзац § 6.3\* может быть тоже опущен, хотя в социальном плане реформа календаря представляет интерес.

Первый раздел учебника (и все последующие) завершается двумя перечнями: «Что полезно знать, изучив тему „Введение в астрономию“» и «Что желательно уметь, изучив тему „Введение в астрономию“». Надо объяснить учащимся, что, конечно, не надо заучивать эти перечни, превращая их в цитатники. Назначение перечней совершенно другое: они представляют собой самый краткий конспект изученной главы и содержат главное из того, что в нее вошло. Поэтому перечни облегчают повторение пройденного материала и служат учащимся прежде всего для самопроверки.

## **II.2. Общая характеристика и варианты изучения темы «Строение Солнечной системы»**

**I. Основное содержание:** а) борьба за гелиоцентрическое мировоззрение; б) законы небесной механики; в) понятие об определении расстояний до Солнца и планет и размеров небесных тел Солнечной системы.

### **II. Основные цели изучения данной темы:**

— осуществить переход от рассмотрения видимых движений светил на небесной сфере к истинной картине движения небесных тел в Солнечной системе;

— познакомить учащихся с важнейшими вехами истории астрономии и началом первой революции в астрономии, связанной с именем Коперника;

— изучить законы движения небесных тел (элементы небесной механики);

— дать понятие о методах астрономических исследований (определение расстояний до тел Солнечной системы и размеров этих небесных тел);

— заинтересовать учащихся наблюдением планет невооруженным глазом.

**III. Комплексные образовательные задачи** изучения данной темы.

#### *1. Доминирующие образовательные задачи:*

а) ввести и продолжить формирование основных понятий небесной механики и понятий, необходимых для изучения методов определения расстояний до тел Солнечной системы и размеров этих тел;

б) продолжить формирование представлений о строении Солнечной системы и ньютоновской теории тяготения;

в) продолжить формирование навыков и умений работы с учебником астрономии, проведения астрономических наблюдений и решения задач по астрономии, а также на этой основе продолжить формирование соответствующих общенаучных умений и навыков.

#### *2. Доминирующие воспитательные задачи:*

а) содействовать формированию научного мировоззрения на основе представлений о строении Солнечной системы и методах определения расстояний до небесных тел, их масс и размеров;

б) содействовать воспитанию у учащихся нравственных качеств на примерах жизни и деятельности ученых, благодаря которым была осуществлена первая (коперниканская) революция в астрономии;

в) содействовать эстетическому воспитанию учащихся, приобщая их к выполнению длительных астрономических наблюдений (например, видимого движения планет на фоне звездного



неба) и демонстрируя порядок и гармонию в Солнечной системе (законы движения планет).

**3. Доминирующие задачи развития:**

а) для развития интеллекта учащихся необходимо учить их выделять главное при работе над текстом, иллюстрациями и дидактическим материалом учебника (материал параграфов, связанных с данной темой, открывает для этого немалые возможности);

б) создавая проблемные ситуации на уроках (Почему планеты описывают на небе какие-то загадочные петли? Как можно «взвешивать» небесные тела? Как измерить расстояние до Солнца или какой-нибудь планеты? И т. д.), надо учить школьников решать их, изучая теоретический материал и выполняя задачи по астрономии;

в) создавать эмоциональные ситуации, знакомя учащихся с фактами борьбы за становление и развитие гелиоцентрической системы;

г) для развития познавательных интересов и способностей учащихся рекомендовать им работу над рефератами («Коперник», «Джордано Бруно», «Галилей», «Ньютон») и решение задач повышенной трудности, причем не только по астрономии, но и по космонавтике.

**IV. Основные варианты** изучения нового материала: комбинированный урок, содержащий такие классические этапы, как организационный, этап проверки и актуализации знаний, этап усвоения новых знаний, информация о домашнем задании; заслушивание и обсуждение рефератов учащихся по основным темам уроков данного раздела курса; работа учащихся с текстом учебника (под руководством учителя).

**V. Астрономические наблюдения**, проводимые самостоятельно: видимое движение планет на фоне звездного неба (и продолжение изучения звездного неба).

## **Урок 7. Видимое движение планет**

**I. Цель урока:** познакомить учащихся с петлеобразным движением планет, объяснение которого привело к установлению гелиоцентрической системы мира.

**II. Основная воспитательная идея.** Длительные наблюдения явлений природы (в данном случае астрономические наблюдения) позволяют находить те или иные закономерности в окружающем нас мире (в данном случае петлеобразное движение планет, объяснение которого ученикам будет известно на следующем уроке, привело сначала к установлению геоцентрической, а затем и гелиоцентрической системы мира).

**III. Продолжить формирование понятий:** Солнечная система, астрономические наблюдения, планета, звездное небо, зодиакальное созвездие.

**IV. Ввести новые понятия.** Основные: петли, описываемые планетами на небе. Дополнительные (необязательные для всех учащихся): конфигурации планет, нижние и верхние планеты, конфигурации нижних планет (соединения и элонгации), конфигурации верхних планет (квадратура, соединение и противостояние), сидерический период, синодический период, уравнения синодического движения.

**V. Структура урока:** комбинированный урок, включающий краткий фронтальный опрос по материалу предыдущего урока и изложение нового материала.

**VI. Учебное оборудование:** ПКЗН, ШАК, диафильм «Видимое движение светил», учебная компьютерная программа, позволяющая моделировать петлеобразное движение планет, аппарат «планетарий».

**VII. Межпредметные связи:** физическая география (длительные наблюдения различных явлений природы), математика (необходимо опираться на математические знания и умения учащихся при выводе уравнений синодического движения и решении задач).

**VIII. План изложения нового материала:** а) петлеобразное движение планет; б)\* конфигурации планет; в)\* сидерические и синодические периоды обращения планет; г) разбор примера 3.

**IX. Задание на дом:** § 7. В-з. к § 7.

**X. Анализ дидактического материала.** Ответы на В-з. № 1, 2 к § 7 обычно не вызывают затруднений у учащихся, внимательно прочитавших § 7.1. Остальные вопросы-задания для самоконтроля относятся к материалу повышенной трудности (хотя, по существу, достаточно труден лишь материал § 7.3\*). В-з. № 4 отражает одну из общих особенностей учебника «Астрономия, 11»: в ряде случаев вместо строгого определения дается представление о сути того или иного явления (в данном случае учащиеся сами могут дать определение каждой конфигурации, что нетрудно сделать, рассматривая рисунок 19 учебника).

Рассматривая этот же рисунок, выясняем, что соединения неудобны для наблюдения планет, так как в этих конфигурациях планеты теряются в лучах. Верхние планеты лучше всего видны вблизи противостояний, а нижние — вблизи элонгаций (В-з. № 6). На фоне диска Солнца, могут пройти нижние планеты. Наблюдая прохождение Венеры по диску Солнца Ломоносов открыл атмосферу на Венере в 1761 г. (В-з. № 7)<sup>1</sup>. По формулам синодического движения решаются В-з. № 8, 9.

**В-з. № 8.** Нижние соединения Венеры повторяются каждые 1,6 года. За сколько земных суток эта планета делает полный оборот вокруг Солнца?

---

<sup>1</sup> Прохождение Венеры по диску Солнца относится к числу редких астрономических явлений. Последний раз оно наблюдалось 8 июня 2004 г. («Земля и Вселенная», 2004, № 2).

Дано:  
 $S = 1,6$  года  
 $T_{\oplus} = 1$  год  
 $T_{\text{В}} = ?$

Решение:  
 Венера — внутренняя планета, поэтому воспользуемся формулой (12) учебника:  

$$\frac{1}{S} = \frac{1}{T_{\text{В}}} - \frac{1}{T_{\oplus}}; \quad \frac{1}{T_{\text{В}}} = \frac{1}{S} + \frac{1}{T_{\oplus}},$$
 отсюда  $T_{\text{В}} = \frac{T_{\oplus} S}{T_{\oplus} + S}; T_{\text{В}} = \frac{1 \text{ год} \cdot 1,6 \text{ года}}{2,6 \text{ года}} = 0,615 \text{ года} = 225 \text{ сут.}$

В-з. № 9. Зная, что Юпитер совершает один оборот вокруг Солнца за 12 лет, найдите промежуток времени между его противостояниями.

Дано:  
 $T_{\text{Ю}} = 12$  лет  
 $S = ?$

Решение:  
 Зная, что Юпитер — верхняя планета, воспользуемся формулой (13) учебника:  

$$\frac{1}{S} = \frac{1}{T_{\oplus}} - \frac{1}{T_{\text{Ю}}}, \text{ отсюда } \frac{1}{S} = \frac{T_{\text{Ю}} - T_{\oplus}}{T_{\text{Ю}} T_{\oplus}},$$
 а  $S = \frac{T_{\text{Ю}} T_{\oplus}}{T_{\text{Ю}} - T_{\oplus}};$   
 $S = \frac{12 \text{ лет} \cdot 1 \text{ год}}{11 \text{ лет}} = 1,1 \text{ года} = 399 \text{ сут.}$

**XI. Методические рекомендации.** Рисунок 17 учебника напоминает учащимся то, что ранее им сообщалось об общем устройстве Солнечной системы и к чему нужно более осмысленно подойти в ходе изучения всей темы. В § 7.1 объясняется происхождение термина «планета», сообщаются признаки, по которым можно отличить на небе планету от звезды, и вводится понятие «петлеобразное движение планет» (рис. 18 учебника).

В § 7.2\* изучаются конфигурации планет; он отмечен звездочкой, так как, несмотря на важность рассматриваемых вопросов (понятие об основных конфигурациях нижних и верхних планет), в него включены вопросы, обязательного знания которых можно не требовать от всех учащихся. Тем более это относится к § 7.3\*, содержащему выводы уравнений синодического движения (формулы (12) и (13) учебника). На внеклассных занятиях эти вопросы необходимо рассмотреть, так как они содержат информацию, необходимую для выполнения астрономических наблюдений, а на астрономических олимпиадах часто предлагают задачи, для решения которых нужно знать уравнения синодического движения.

Типовая задача (пример 3 учебника) показывает, как эти формулы применяются на практике, и подготавливает учащихся к решению задач, включенных в упражнение, заданное на дом.

В рекомендованном перечне учебного оборудования отмечены учебная компьютерная программа и аппарат «планетарий». Для не-

которых школ это уже реальные рекомендации, так как, во-первых, уже есть компьютерные программы, включающие моделирование петлеобразного движения планет, и они могут быть продемонстрированы на уроке. Во-вторых, есть школы, учащиеся которых имеют возможность посещать планетарий, а есть и такие, где имеется свой простейший аппарат «планетарий», что позволяет наглядно продемонстрировать петлеобразное движение планет. Но, к сожалению, многим учителям придется ограничиться рассмотрением рисунка 18 учебника, который можно продемонстрировать с помощью эпидиаскопа, графопроектора или просто воспроизвести на классной доске. Продемонстрируйте учащимся петлеобразные движения планет, показанные в ШАК на данный учебный год. Материал данного урока интересен, в частности, тем, что дает учителю возможность привлечь внимание своих учеников к наблюдению перемещений планет на фоне звездного неба и заинтересовать их проведением этих длительных вечерних наблюдений, во время которых можно и нужно наблюдать и другие объекты на звездном небе.

## **Урок 8. Развитие представлений о Солнечной системе**

**I. Цель урока:** дать краткий обзор развития астрономии (от зарождения этой науки до открытия законов движения небесных тел).

**II. Основная воспитательная идея.** Представления о строении окружающего мира имеют важное мировоззренческое значение, определяя место Земли и Человека во Вселенной.

### **III. Комплексные задачи урока.**

#### *1. Доминирующие образовательные задачи:*

а) продолжить начатое в курсе истории формирование представлений о геоцентрической и гелиоцентрической системах мира, актуализировать понятия: петлеобразное движение планет, астрология;

б) ввести понятия: геоцентрическая система мира, гелиоцентрическая система мира.

#### *2. Доминирующие воспитательные задачи:*

а) познакомить учащихся с борьбой за гелиоцентрическое мировоззрение;

б) использовать примеры трагических судеб Д. Бруно и Г. Галилея для формирования у учащихся высоких нравственных качеств;

в) содействуя эстетическому воспитанию учащихся, сделать акцент на простоту и красоту гелиоцентрической системы мира;

г) указать на лженаучную сущность астрологии.

**3. Доминирующая задача развития.** Главное в учебном материале — сущность гелиоцентрической системы мира. Необходимо показать, как с позиций гелиоцентризма естественным образом было объяснено петлеобразное движение планет (и получен простой метод определения относительных расстояний планет от Солнца). Для развития мышления учащихся и их познавательных

интересов нужно использовать проблемное изложение материала (показав, что совершенствование гелиоцентрической системы привело к очень громоздкой ее схеме, которая хотя и позволяла с известной степенью точности предвычислять условия видимости планет, но нуждалась в дальнейшем усложнении).

**IV. Структура урока.** В простейшем случае урок будет включать: а) фронтальный опрос; б) демонстрацию и комментирование диафильма «Развитие представлений о Вселенной» (ограничиться показом кадров, относящихся к теме урока).

**V. Учебное оборудование:** диафильм «Развитие представлений о Вселенной», ШАК, фрагменты из кино- и видеофильмов, а также компьютерных программ, портреты Коперника и Гагарина.

**VI. Межпредметные связи.** Первоначальное представление о геоцентрической и гелиоцентрической системах мира учащиеся получили в курсах природоведения и истории.

**VII. План изложения нового материала:** а) астрономия в древности; б) геоцентрическая система мира; в) гелиоцентрическая система мира; г) становление гелиоцентрического мировоззрения.

**VIII. Доминирующие приемы и методы.** Реализация простейшего варианта проведения урока не должна вызвать особых затруднений. Но урок можно провести иначе, если заранее подготовить нескольких учащихся к выступлению с небольшими докладами по теме урока. Некоторые учителя предпочтут самостоятельную работу учащихся с учебником и последующим обсуждением материала данного параграфа.

**IX. Задание на дом:** § 8. В-з. к § 8.

**X. Анализ дидактического материала.** Фронтальный опрос должен включать вопросы, связанные с работой с ПКЗН: какие созвездия видны сегодня вечером в той или иной части небосвода? Каковы экваториальные координаты звезды Бетельгейзе? В каком созвездии мы увидели бы Солнце, если сегодня произошло бы полное солнечное затмение? Какое зодиакальное созвездие кульминирует сегодня в полночь? Также могут быть предложены и другие вопросы: что изучает астрономия? Что такое созвездие? Чем вызвано суточное вращение светил? Вследствие чего Солнце совершает свое годовое движение по эклипике?

Вместе с учениками рассматриваем рисунок 20 учебника, прослеживая по точкам, указывающим положения Земли и планеты на их орбитах, как планета описывает петлю. Можно изобразить в виде окружностей орбиты Венеры и Земли ( $C$  — Солнце,  $B$  — Венера,  $Z$  — Земля) и рассмотреть прямоугольный треугольник  $CBZ$ , в котором угол при вершине  $B$  прямой, а при вершине  $Z$  равен  $48^\circ$ . Искомое расстояние  $CB = CZ \cdot \sin 48^\circ$ , или  $CB = 0,74 \cdot CZ$ . Принимая  $CZ$  за единицу, получаем, что расстояние до Венеры в этой конфигурации равно  $0,74$  радиуса земной орбиты (которую Коперник считал круговой).

Заданное на дом упражнение не должно вызывать затруднений у учащихся.

**XI. Методические указания.** Мы уже обосновали идею о том, что ликвидация астрономической безграмотности рассматривается как важная социально-культурная педагогическая проблема, успешное решение которой неразрывно связано со становлением и развитием нового мышления, современного видения мира и осмысленного восприятия глобальных проблем человечества. Решение указанной задачи прочно связано и с идеей гуманизации школьной астрономии, отсюда важность включения в учебник элементов истории астрономической науки. Именно с этой точки зрения особенно актуален § 8 учебника. В нем кратко рассматриваются важнейшие вопросы истории астрономии от древности до времен Коперника, Бруно и Галилея (трудам Кеплера и Ньютона посвящен следующий урок).

В § 8.2 учащимся дается представление о геоцентрической системе мира. К сведению учителей заметим, что в 80-х гг. XX в. историки астрономии бурно обсуждали вопрос о роли Клавдия Птолемея в астрономии. Суть этой дискуссии, которая завершилась «оправданием» Птолемея, освещена, например, в научно-популярном журнале «Земля и Вселенная» (1987 г., № 2), где показывается несостоятельность попыток уменьшить роль Птолемея в истории науки.

Гелиоцентрическая система Коперника рассматривается в § 8.3, в котором содержится изложение основной идеи главного труда Коперника «О вращениях небесных сфер», дается объяснение петлеобразного движения планет (рис. 20 учебника), упоминается о том, что Коперник предложил простой метод определения относительных расстояний до планет, и формулируется общая оценка открытия Коперника. Здесь уместно отметить, что в последние годы обосновывается точка зрения, согласно которой лично Коперник не произвел первую революцию в астрономии, а лишь начал ее публикацией своей книги. Радикальное развитие идей Коперника его последователями (§ 8.4 и 9) явилось продолжением и завершением начатой им революции не только в астрономии, но и в общенаучной революции (роль Коперника в общенаучной революции освещена в интересных публикациях журнала «Земля и Вселенная» (1986 г., № 3)). На стене небольшого школьного кабинета физики и астрономии в одной из московских школ, в которой автор последние несколько лет преподает астрономию, рядом расположены портреты Коперника и Гагарина. Учащиеся знают, что Коперник открыл планету Земля, а Гагарин впервые увидел нашу планету из космоса (и был поражен ее красотой!). Земля стала шестой из известных во времена Коперника планет (Меркурий, Венера, Земля, Марс, Юпитер, Сатурн) и третьей по удаленности от Солнца. Напомните учащимся, что с давних времен к планетам относили, кроме пяти истинных, еще Солнце и Луну (и этим планетам посвящались семь дней недели). Поэтому учащиеся должны усвоить, что Коперник не только поместил Солнце в центр мира (на самом деле в центр Солнечной системы), но и определил статус Земли в Солнечной системе.

Даже если учитель из возможных форм проведения этого урока предпочтет комбинированный урок или урок-лекцию, учащимся можно предложить рефераты (для зачета по теме) о Копернике, Бруно и Галилее (ведь нередко учащиеся просто путают биографию Коперника или Галилея с биографией Бруно).

На классной доске (и в тетрадях учащихся) должны быть написаны: тема урока; план; вводимые понятия; имена, фамилии и годы жизни (Клавдий Птолемей (II в. н. э.), Николай Коперник (1473—1543), Джордано Бруно (1548—1600) и Галилео Галилей (1564—1642)). Рассказывая о борьбе за гелиоцентрическое мировоззрение, необходимо отметить роль в этой борьбе М. В. Ломоносова, а также подчеркнуть, что современная католическая церковь была вынуждена реабилитировать Галилея (но до сих пор не реабилитирован Джордано Бруно, казненный за ересь и требование конфисковать монастырские доходы). Гениальные догадки Бруно в наше время оправдываются: уже открыты десятки планет, которые обращаются вокруг других звезд, а идея о возможном существовании обитаемых миров лежит в основе современной научной проблемы ВЦ (внеземные цивилизации) и их поиска во Вселенной (SETI). Бруно «разбил» гипотетическую сферу, к которой якобы были прикреплены звезды. Он писал:

Отсюда ввысь стремлюсь я, полон веры,  
Кристалл небес мне не преграда боле...  
(«О бесконечности, Вселенной, мирах», 1584 г.)

## **Урок 9. Законы Кеплера — законы движения небесных тел**

**I. Цель урока:** изучить законы Кеплера и показать возможность их применения для решения задач.

**II. Основная воспитательная идея.** Изучая наблюдаемые явления (видимое движение планет на фоне звездного неба), человек постигает их сущность (гелиоцентрическая система Коперника) и открывает законы природы (законы Кеплера и их уточнение Ньютоном на основе закона всемирного тяготения), которые использует не только для дальнейшего углубления знаний о природе и решения практических задач (например, для определения масс небесных тел), но и для решения практических задач (космонавтика, астродинамика).

### **III. Комплексные задачи урока.**

#### *1. Доминирующие образовательные задачи:*

а) продолжить формирование понятий: эллипс (определение, фокусы, центр, эксцентриситет, радиусы-векторы, большая и малая полуоси, способ построения), сидерический период;

б) ввести новые понятия: орбита планеты, афелий (апогей), перигелий (перигей), астрономическая единица;

в) изучить законы Кеплера;

г) использовать решение задач для продолжения формирования расчетных навыков.

2. *Доминирующая воспитательная задача:* показать, что открытие законов Кеплера и их уточнение Ньютоном — пример познаваемости мира и его закономерностей.

3. *Доминирующая задача развития:* объяснить учащимся, что открытие законов Кеплера представляет собой не только следующий (после открытия гелиоцентрической системы) шаг познания Солнечной системы (эллиптичность орбит, неравномерное движение планет вокруг Солнца, строгая математическая зависимость между расстояниями и периодами обращений планет), но и новый шаг в познании Вселенной (законы Кеплера, как и закон всемирного тяготения, действуют за пределами Солнечной системы).

**IV. Структура урока:** учебная лекция (в основном новый материал излагает учитель, а учащиеся ведут конспект и по ходу изложения материала отвечают на задаваемые им вопросы).

**V. Межпредметные связи:** физика (закон всемирного тяготения), математика (введение понятия «эллипс»; расчеты по формулам, которые содержат квадраты или кубы неизвестных величин; использование микрокалькуляторов для сокращения затрат времени на вычисления).

**VI. План изложения нового материала:** а) введение; б) первый закон Кеплера; в) второй закон Кеплера; г) третий закон Кеплера.

**VII. Задание на дом:** § 9. В-з. к § 9.

**VIII. Анализ дидактического материала.** На уроке можно ограничиться разбором примера 4. Интересующимся астрономией учащимся можно, кроме В-з. к § 9, предложить решить самостоятельно и несколько дополнительных задач, в том числе и связанных с космонавтикой. Предварительно можно учащимся предложить сформулировать законы Кеплера применительно к движению искусственного спутника Земли (первый закон — искусственный спутник движется вокруг Земли по эллипсу, в одном из фокусов которого находится центр Земли; второй закон — радиус-вектор ИСЗ за равные промежутки времени описывает равные площади; третий закон — квадраты сидерических периодов обращения спутников вокруг Земли относятся как кубы больших полуосей их орбит).

Учащимся можно предложить решить дополнительные задачи.

**Задача 1.** Сколько времени потребуется космическому кораблю, стартующему с промежуточной (круговой) орбиты искусственного спутника Земли ( $h = 200$  км), чтобы достичь апогея гомановской траектории? (Орбиту Луны считать круговой:  $r_1 = 384\,000$  км.)

Напомним, что в данном случае гомановский эллипс — это эллиптическая траектория космического корабля, касательная к круговой промежуточной орбите корабля и к круговой орбите Луны. Сделав соответствующий чертеж, найдем радиус промежуточной орбиты:  $r_2 = h + R_3$  — и большую полуось гомановского эллипса:

$$a = \frac{r_1 + r_2}{2}.$$



<p><b>Дано:</b>  <math>T_1 = 27,3</math> сут.  <math>a_1 = r_1 = 384 \cdot 10^3</math> км  <math>h = 200</math> км  <math>R_3 = 6400</math> км  <hr style="width: 100%;"/> <math>T_2 = ?</math></p>	<p><b>Решение:</b>  <math>\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{a_1^3}{a_2^3}</math>, откуда <math>T_2 = \frac{T_1 a_2}{a_1} \sqrt{\frac{a_2}{a_1}}</math>; (1)  <math>a_2 = \frac{r_1 + r_2}{2}</math>,  где <math>r_2 = h + R_3</math>.</p>
---	---

Подставляя числовые значения в формулу (1), получаем  $T_2 = 10$  сут, т. е. космический корабль достигнет апогея гомановской траектории через 5 сут.

**Задача 2.** Сколько времени потребуется автоматической межпланетной станции, чтобы по гомановской траектории долететь до Марса? (Орбиты Земли и Марса считать круговыми, необходимые данные взять из соответствующей таблицы в приложении учебника.)

<p><b>Дано:</b>  <math>a_1 = 1</math> а. е.  <math>a_2 = 1,52</math> а. е.  <math>T_1 = 1</math> год  <hr style="width: 100%;"/> <math>T_2 = ?</math></p>	<p><b>Решение:</b>  <math>a = \frac{a_1 + a_2}{2} = 1,26</math> а. е.; <math>\frac{T_2^2}{T_1^2} = \frac{a_2^3}{a_1^3}</math>, где <math>T_1</math> и <math>T_2</math> соответственно периоды обращения; <math>a_2</math> — большая полуось орбиты АМС, откуда  <math>T_2 = \frac{a_2}{a_1} \cdot T_1 \sqrt{\frac{a_2}{a_1}} \approx 1,4</math> года.</p>
---	---

**Ответ.** Время полета с Земли до Марса будет около 0,7 года.

**В-з. к § 9** всего два задания. Рассмотрим их.

**В-з. № 1.** Почему большую полуось орбиты планеты отождествляют с ее средним расстоянием от Солнца?

**Решение.** Из рисунка 21 учебника находим, что, если сложить минимальное и максимальное расстояния планеты от Солнца, получится большая ось эллипса. Ее половина и есть среднее расстояние планеты от Солнца, равное большой полуоси орбиты.

**В-з. № 2.** За 84 земных года Уран делает один оборот вокруг Солнца. Во сколько раз он дальше от Солнца, чем Земля?

<p><b>Дано:</b>  <math>T = 84</math> года  <math>T_{\oplus} = 1</math> год  <math>a_{\oplus} = 1</math> а. е.  <hr style="width: 100%;"/> <math>a = ?</math></p>	<p><b>Решение:</b>  Найдем среднее расстояние от Урана до Солнца (или большую полуось его орбиты), для чего воспользуемся формулой третьего закона Кеплера:  <math>\frac{T^2}{T_{\oplus}^2} = \frac{a^3}{a_{\oplus}^3}</math>, откуда <math>a = \sqrt[3]{\frac{a_{\oplus}^3 T^2}{T_{\oplus}^2}}</math>;  <math>a = \sqrt[3]{\frac{(1 \text{ а. е.})^3 \cdot (84 \text{ года})^2}{(1 \text{ год})^2}} = 19,18</math> а. е.</p>
--	---

**Ответ.** Уран дальше от Солнца, чем Земля, в 19,18 раза.

(Разумеется, все вычисления, которые выполняют учащиеся при решении задач, должны производиться с использованием калькуляторов!)

**IX. Методические рекомендации.** Вводимые понятия и новые формулы делают данный урок достаточно сложным. Поэтому на таких уроках необходимо в логической последовательности, задаваемой планом урока, четко излагать новый материал. На данном уроке мы продолжаем рассматривать вопрос о развитии представлений о строении Солнечной системы. Важно подчеркнуть, что Кеплер открыл эмпирическим путем свои законы (на следующем уроке мы расскажем о том, что Ньютон пришел к ним аналитическим путем на основе закона всемирного тяготения). Полезно отметить универсальность законов Кеплера, которые справедливы не только в рассмотренных на уроке случаях.

В учебнике § 9 начинается с небольшого, но важного введения. В нем указывается, во-первых, что еще астрономы древности считали, что орбиты светил — окружности. Во-вторых, отмечается, что Кеплер не сомневался в гелиоцентрическом устройстве Солнечной системы и знал о существовании расхождений между предвычислительными и наблюдаемыми положениями планет. В-третьих, сообщается, что Кеплер открыл свои законы эмпирическим путем, тщательно анализируя полученные Тихо Браге данные наблюдений Марса.

Далее в § 9 последовательно рассматриваются три закона Кеплера. Сначала вводятся необходимые геометрические понятия (эксцентриситет эллипса, большая и малая полуоси, радиус-вектор и др.; можно дать и определение эллипса), а также такие важные астрономические понятия, как: перигелий, афелий, астрономическая единица, апогей, перигей. Впрочем, при этом отметим некоторую методическую особенность. В учебнике на с. 41 сказано: «Нетрудно убедиться, что большая полуось орбиты планеты — это ее среднее расстояние от Солнца», а в В-3. № 1 учащимся предлагается выяснить: «Почему большую полуось орбиты планеты отождествляют с ее средним расстоянием от Солнца?» Подобная взаимосвязь текста и дидактического материала свойственна данному учебнику.

Рисунок 21 учебника помогает понять второй закон Кеплера. В учебнике подчеркивается, что законы Кеплера применимы не только к движению планет, но и к движению их естественных и искусственных спутников, а также к движению других небесных тел, например астероидов и комет и даже звезд в двойных системах. Поскольку нередко в учебных компьютерных программах есть текстовой и дидактический материал, относящийся к законам Кеплера, то этим надо воспользоваться.

## Урок 10. Обобщение и уточнение Ньютоном законов Кеплера

**I. Цель урока:** познакомить учащихся с основными формулами для определения массы небесного тела, являющейся его важнейшей физической характеристикой.

**II. Основная воспитательная идея.** Открытие законов природы вооружает человека новыми методами познания (в данном случае открытие новых, далеких от Солнца планет, определение масс Солнца, планет и их спутников).

### III. Комплексные задачи урока.

1. *Доминирующие образовательные задачи:*

а) продолжить изучение законов Кеплера и орбит искусственных небесных тел;

б) ввести новые понятия: небесная механика, возмущения, открытие, сделанное на кончике пера;

в) продолжить формирование навыков, необходимых для вывода формул и для вычислений;

2. *Доминирующие воспитательные задачи:*

а) раскрыть перед учащимися картину завершения первой революции в астрономии, что важно для формирования их мировоззрения;

б) акцентировать внимание учащихся на мощь человеческого разума, оказавшегося способным постичь важнейшие законы Космоса, к числу которых, безусловно, относятся законы небесной механики.

3. *Доминирующие задачи развития:*

а) показать учащимся, как важно в целях их интеллектуально-эстетического воспитания понимать обобщение Ньютоном законов Кеплера и открытие Нептуна, а также раскрыть школьникам гармоничность и красоту Солнечной системы;

б) на примере применения обобщенного Ньютоном третьего закона Кеплера показать (и удивить этим учащихся!), как «работает» этот закон при решении, казалось бы, неразрешимой проблемы определения масс небесных тел.

**IV. Структура урока:** фронтальный опрос с целью проверки усвоения законов Кеплера, объяснение нового материала.

**V. Возможные формы проведения урока:** традиционная учебная лекция, выступления учащихся с рефератами («В чем состоит обобщение Ньютоном законов Кеплера», «Как был открыт Нептун», «Как применяется обобщенный Ньютоном третий закон Кеплера для определения масс небесных тел Солнечной системы»).

**VI. Учебное оборудование:** фильм «Развитие представлений о Вселенной», фрагменты из учебных кинофильмов, видеofilьмов и компьютерных программ.

**VII. Межпредметные связи:** урок должен проводиться с опорой на знания учащихся по физике и математике.

**VIII. План изложения нового материала:** а) закон всемирного тяготения; б) возмущения, открытие Нептуна; в) законы Кеплера в формулировке Ньютона.

**IX. Задание на дом:** § 10. В-з. к § 10.

**X. Анализ дидактического материала.** На уроке нужно успеть разобрать пример 5, показывающий, как можно определить массу планеты (Юпитера), зная массу хотя бы одного (Ио) из его 67 известных (в 2015 г.) спутников. Это поможет учащимся справиться с В-з. к § 10. Заметим, что на В-з. № 1, 3 есть ответы в текстах § 9 и 10. В-з. № 5\*, 6 тоже достаточно просты (хотя В-з. № 5\* отмечен звездочкой, так как некоторые учащиеся просто не понимают, о чем идет речь). Более подробно рассмотрим В-з. № 4, 7\*, 8\*.

**В-з. № 4.** Докажите, что формула (15), полученная Кеплером из анализа данных наблюдений, есть частный случай формулы (17).

**Решение.** Рассуждаем так: поскольку масса любой из планет ( $m_1$  и  $m_2$ ) значительно меньше массы Солнца ( $M_\odot$ ), ими можно пренебречь, а  $\frac{M_\odot}{M_\odot} = 1$ , поэтому  $\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{a_1^3}{a_2^3}$ . Это и есть знакомая нам формула третьего закона Кеплера.

**В-з. № 7\*.** Сравните массу Урана с массой Земли, считая, что один из спутников Урана (Титания) обращается вокруг планеты с периодом 8 сут 17 ч на расстоянии 438 тыс. км.

<p><b>Дано:</b>  <math>T_T = 8,7^{\text{д}}</math>  <math>a_T = 4,38 \cdot 10^5 \text{ км}</math>  <math>a_L = 3,84 \cdot 10^5 \text{ км}</math>  <math>T_L = 27,32^{\text{д}}</math></p>	<p><b>Решение:</b>          Рассмотрим две системы: «Земля — Луна» и «Уран — Титания». Для решения воспользуемся формулой (18') учебника, а численные данные о Луне возьмем из таблицы в приложении:</p>
<p><math>\frac{m_Y}{m_3} = ?</math></p>	$\frac{m_Y}{m_3} = \left(\frac{T_L}{T_T}\right)^2 \cdot \left(\frac{a_T}{a_L}\right)^3; \quad \frac{m_Y}{m_3} = \left(\frac{27,32}{8,7}\right)^2 \cdot \left(\frac{4,38 \cdot 10^5}{3,84 \cdot 10^5}\right)^3 = (3,14)^2 \cdot (1,14)^3 \approx 15.$

**В-з. № 8\*.** За сколько времени Земля делала бы один оборот вокруг Солнца, если бы масса Солнца была вдвое больше нынешней при том же расстоянии Земли от Солнца?

<p><b>Дано:</b>  <math>a_1 = a_2</math>  <math>M_2 = 2M_\odot</math>  <math>T_2 = ?</math></p>	<p><b>Решение:</b>          Представим формулу (17) в виде <math>\frac{T_1^2(M_\odot + m_\oplus)}{T_2^2(2M_\odot + m_\oplus)} = \frac{a_1^3}{a_2^3}</math>.          Пренебрегая массой Земли по сравнению с массой Солнца, закон Кеплера можем записать в следующем виде:  <math>\frac{T_1^2}{2T_2^2} = 1</math>, где <math>T_1</math> и <math>T_2</math> — периоды обращения Земли;  <math>T_2 \approx 0,707 \cdot T_1 \approx 258,3 \text{ сут.}</math></p>
--	--

**XI. Методические рекомендации.** Этот урок является логическим продолжением предыдущего. Для учащихся § 10.1 не представляет трудностей в усвоении и не создает заметной перегрузки. Содержит он, во-первых, полезное напоминание формулировки и формулы закона всемирного тяготения, во-вторых, указание на исключительную важность гравитационных сил во Вселенной (в небесной механике и космогонии), в-третьих, понятие о самой небесной механике. Пожалуй, на уроке большего об этом не скажешь.

Материал § 10.2 включает понятие «возмущение», важность которого иллюстрируется открытием Нептуна. Здесь уместно подчеркнуть следующие моменты. Во-первых, речь идет о расширении пределов Солнечной системы, которая во времена Коперника ограничивалась орбитой Сатурна (более далекие планеты невооруженным глазом не видны). Во-вторых, Уран был открыт замечательным астрономом-любителем (подчеркиваем особую роль любителей в развитии астрономии!). В-третьих, научное предположение о существовании планеты за Ураном возникло из попыток объяснить обнаружившееся отклонение в движении Урана от орбиты, рассчитанной по законам Кеплера. В-четвертых, можно было бы предположить, что действие закона тяготения Ньютона ограничено близкими планетами (когда-то делались различные попытки уточнить закон всемирного тяготения; см. об этом, например, в книге автора «Физика Вселенной» (М.: УРСС, 2004)).

Материал § 10.3 важен, но может оказаться трудным для слабых учеников (его даже можно было бы отметить звездочкой), но именно здесь даются обобщенные формулировки первого и третьего законов Кеплера. Рассмотрение рисунка 23 учебника можно предложить учащимся в качестве самостоятельного задания («Как зависит форма орбиты искусственного небесного тела от начальной скорости?»).

Формула (17) учебника понадобится не только для решения задач, но и для того, чтобы получить из нее обычную формулу третьего закона Кеплера (15), полагая, что  $M \gg m_1$  и  $M \gg m_2$  (В-з. 4 к § 10).

Но главное, что применение формулы (17) к решению различных задач (вычисление массы Солнца по отношению к массе планеты; вычисление массы планеты, имеющей спутник) наглядно показывает учащимся, как определяются массы небесных тел Солнечной системы. С достаточной степенью точности массу Солнца можно вычислить по отношению к массе планеты по формуле (18). Для планет Солнечной системы, имеющих спутники, в учебнике дается формула (18'), которая является, однако, весьма грубой для таких двойных систем, как «Земля — Луна» и «Плутон — Харон».

Формула (18') применяется для определения массы Юпитера при решении типовой задачи (пример 5), а самостоятельно интересующиеся учащиеся могут использовать ее, решая В-з. № 7 к § 10 из домашнего задания (с применением калькулятора).

Важно объяснить учащимся, что законы Кеплера и закон тяготения Ньютона обладают статусом всемирных законов не случайно. Например, сфера действия закона всемирного тяготения простирается от мира атомов до мира галактик. Этот закон не только определяет характер взаимодействия и движения различных небесных тел и их систем, но и играл и играет важную роль в различных космогонических и космологических процессах<sup>1</sup>. На классной доске напишите тему урока, его план, перечень вводимых понятий и, конечно, математический аппарат данного урока (формулы).

## **Урок 11. Определение расстояний до тел Солнечной системы и размеров этих небесных тел**

**I. Цель урока:** продолжить изучение методов определения расстояний до тел Солнечной системы и дать представление об измерении линейных радиусов светил по их угловым радиусам.

**II. Основная воспитательная идея.** Современная наука располагает различными методами определения расстояний до небесных тел и их размеров, что позволяет получить достоверные сведения о масштабах Солнечной системы и размерах входящих в нее небесных тел.

**III. Комплексные задачи урока.**

1. *Доминирующие образовательные задачи:*

а) ввести понятия: горизонтальный экваториальный параллакс светила, радиолокационный и лазерный методы определения расстояний до тел Солнечной системы;

б) вывести формулу для определения радиусов небесных тел Солнечной системы (используя понятия «линейный радиус», «угловой радиус»).

2. *Доминирующая воспитательная задача:* раскрыв тему урока, содействовать формированию мировоззренческой идеи о познаваемости мира.

3. *Доминирующая задача развития:* показать, что на первый взгляд неразрешимая проблема определения расстояний до небесных тел Солнечной системы и радиусов этих небесных тел в настоящее время успешно решается, причем различными методами, позволяющими проверить получаемые результаты.

**IV. Структура урока, доминирующие приемы и методы.** Рекомендуем провести комбинированный урок, включающий фронтальный опрос, изложение нового материала и инструктаж к домашнему заданию.

---

<sup>1</sup> До последнего времени вполне обоснованно считалось, что гравитация «правит миром». Но сейчас выясняется, что во Вселенной действуют могучие силы отталкивания, порождаемые физическим вакуумом, природа которого пока неизвестна.

**V. Учебное оборудование:** диафильм «Определение расстояний до небесных тел», фрагменты из учебных компьютерных программ.

**VI. Межпредметные связи:** физика (радиолокация, лазерное излучение), математика (использование тригонометрических функций и методов приближенных вычислений).

**VII. План изложения нового материала:** а) определение расстояний до тел Солнечной системы; б) определение размеров тел Солнечной системы.

**VIII. Задание на дом:** § 11, В-з. к § 11.

**IX. Анализ дидактического материала.** На уроке предлагаем учащимся вспомнить уже известные им методы определения относительных расстояний до планет (определение расстояний до Меркурия и Венеры в моменты элонгаций, определение расстояний по периодам обращения планет вокруг Солнца).

Рассмотрение В-з. № 5 и 6 к § 11 дает возможность показать учащимся, как определяют расстояния до небесных тел по горизонтальному экваториальному параллаксу (по горизонтальному параллаксу) и радиусы небесных тел Солнечной системы.

**В-з. № 5\*.** Каким оказалось расстояние между отражателем, находящимся на Луне, и телескопом, расположенным на Земле, если лазерные импульсы возвратились через 2,4354567 с?

<p><b>Дано:</b>  <math>\Delta t = 2,4354567 \text{ с}</math>  <math>c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}</math>  <hr style="border: 0; border-top: 1px solid black; margin: 5px 0;"/> <math>r = ?</math></p>	<p><b>Решение:</b>  <math>r = \frac{c \cdot \Delta t}{2}</math>, где <math>c</math> — скорость света;  <math>r = \frac{3 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot 2,4354567 \text{ с}}{2} \approx 3,6 \cdot 10^8 \text{ м} \approx</math>  <math>\approx 3,6 \cdot 10^5 \text{ км.}</math></p>
--	--

**В-з. № 6.** Наибольший горизонтальный параллакс Марса 23". Каково наименьшее расстояние от Земли до Марса?

<p><b>Дано:</b>  <math>p_0 = 23''</math>  <math>R_{\oplus} = 6378 \text{ км}</math>  <hr style="border: 0; border-top: 1px solid black; margin: 5px 0;"/> <math>D = ?</math></p>	<p><b>Решение:</b>  По формуле (20) учебника <math>D = \frac{206\,265''}{p_0} \cdot R_{\oplus}</math>;  <math>D = \frac{206\,265''}{23''} \cdot 6378 \text{ км} = 57\,198\,180 \text{ км} \approx</math>  <math>\approx 57,2 \cdot 10^6 \text{ км.}</math></p>
--	--

Интересно отметить, что во время последнего великого противостояния Марса (28 августа 2003 г.) эта планета находилась от Земли на расстоянии  $55,8 \cdot 10^6 \text{ км}$ . Следующее великое противостояние Марса произойдет 24 июня 2018 г. ( $57,5 \cdot 10^6 \text{ км}$ ).

Следует обратить внимание учащихся на перечни «Что полезно знать, изучив тему „Строение Солнечной системы“» и «Что желательно уметь, изучив тему „Строение Солнечной системы“» (с. 54—55 учебника).

**Х. Методические рекомендации.** Опыт показывает, что лучше всего учащиеся понимают, как определяют расстояния до Луны или планет с помощью радиолокации (или с помощью лазерной локации, как это было сделано после полетов на Луну и установки на ней отражателей). Но можно начать урок с вопроса об определении расстояний по параллаксам светил (§ 11.1) и с вывода формулы (20) учебника. Необходимо напомнить учащимся метод определения расстояния до недоступного предмета (рис. 24 учебника), который они могут знать из курса математики. Затем вводится понятие горизонтального экваториального параллакса светил и объясняется, как определяют по нему расстояния (рис. 25 учебника). Подчеркиваем, что, конечно, со светила никто не наблюдает радиус Земли, а горизонтальный параллакс определяют по наблюдениям высоты светила в момент верхней кульминации из двух точек земной поверхности (с известной разностью широт и находящихся на одном географическом меридиане).

В § 11.2 дается понятие радиолокационного метода, а последний абзац посвящен уточнению астрономической единицы с помощью радиолокационных наблюдений. Здесь на деталях можно не останавливаться, ограничившись информацией о том, что радиолокационные наблюдения позволили уточнить расстояния до Луны и планет.

Материал § 11.4 дает представление об определении размеров Земли (рис. 26 учебника), Луны и планет Солнечной системы (рис. 27 учебника). Здесь важен вывод формулы (23), по которой учащиеся смогут вычислять размеры небесных тел Солнечной системы (она применяется в примере 7). При необходимости учитель подберет и другие задачи из различных источников (сборники задач, сборники дидактических материалов и т. д.) и включит их в проверочную или контрольную работу (или в зачет по теме «Строение Солнечной системы»).

### **II.3 Общая характеристика и варианты изучения темы «Физическая природа тел Солнечной системы»**

**I. Введение.** Данная и следующая темы курса (составляющие основу школьной астрономии) тесно связаны, поскольку в первой из них рассматриваются небесные тела, движущиеся вокруг Солнца (планеты, астероиды, кометы), а во второй — природа Солнца. Их разделение в значительной степени условно, потому что, с одной стороны, Солнце — центр Солнечной системы, а с другой — Солнце является звездой и его можно изучать в разделе курса о звездах.

Не углубляясь в эту методическую проблему, отметим еще одну особенность учебника (и соответственно курса астрономии): в учебнике нет отдельного параграфа о космонавтике. Аргументация этого сходна с той, которая приводилась выше в связи с отсутстви-



ем в учебнике отдельного параграфа о методах астрофизических исследований. Суть аргументации сводится к тому, что в школьном курсе астрономии вряд ли нужно повторять то, что школьникам известно из курсов физики и истории (понятие о космических скоростях, некоторые достижения в исследовании космоса и т. д.). Важнее рассматривать вопросы, связанные с основами космонавтики и космическими исследованиями, там, где это нужно, всякий раз подчеркивая вклад космических исследований и экспериментов в исследование Земли, Луны, планет, Солнца и т. д. Напомним, что исключительно ценные результаты получены с помощью космической техники именно при исследованиях небесных тел Солнечной системы. Поэтому не случайно во введении к третьей главе учебника подчеркивается, что развитие космонавтики имело первостепенное значение для стремительного расширения наших знаний о небесных телах Солнечной системы (хотя оптические и радиоастрономические наземные наблюдения не потеряли своей ценности и в настоящее время), перечисляется ряд достижений космонавтики и дается ссылка на приложения учебника («Важнейшие даты в освоении космического пространства»). Существует ряд созданных автором учебных диафильмов по космонавтике. Интереснейшую информацию о последних исследованиях Луны, планет, комет и астероидов можно найти в журналах «Земля и Вселенная», «Звездочет» и в Интернете.

**II. Цель изучения данной темы:** познакомить учащихся с современными представлениями о природе планет, их спутников и малых тел Солнечной системы.

**III. Основная воспитательная идея:** показать, как благодаря прогрессу в создании новых наземных астрономических инструментов и успешному применению космической техники астрономы раскрывают тайны «блуждающих» светил.

**IV. Основное содержание:** опираясь на данные о Земле как планете, рассмотреть природу планет, а затем астероидов и комет.

**V. Комплексные задачи изучения данной темы.**

1. *Доминирующая образовательная задача:* сообщить учащимся необходимый минимум знаний о природе небесных тел, изучаемых в этом разделе курса.

2. *Доминирующие воспитательные задачи:*

а) содействовать формированию научного мировоззрения учащихся на основе их правильного представления о Солнечной системе;

б) способствовать эстетическому воспитанию учащихся, демонстрируя им прекрасные фотографии планет и их спутников, астероидов и комет, полученные с близкого расстояния или даже во время посадок космических аппаратов на поверхность Луны и Марса;

в) способствовать экологическому воспитанию учащихся, формируя у них представление об уникальной природе Земли, равной которой нет в Солнечной системе.

3. *Доминирующие задачи развития:*

а) способствовать развитию интеллекта учащихся, знакомя с данными сравнительной планетологии;

б) способствовать развитию познавательных интересов учащихся, ориентируя их на самостоятельное получение новой информации о природе тел Солнечной системы из научно-популярных журналов, новостных и научно-популярных блоков, телевизионных передач и Интернета;

в) способствовать развитию творчества учащихся, приглашая их задуматься над такими глобальными проблемами, как проблема предотвращения астероидно-кометной опасности.

**VI. Варианты изучения данной темы:** уроки-лекции, урок под открытым небом (о природе Луны можно рассказывать во время наблюдения Луны в телескоп), уроки в форме докладов учащихся, компьютерные уроки.

**VII. Астрономические наблюдения** под руководством учителя: визуальные, телескопические наблюдения Луны, Венеры, Марса, Юпитера с галилеевыми спутниками, колец Сатурна, а также самостоятельные наблюдения метеоров в период максимума Персеид.

**VIII. Рекомендуемые объекты экскурсий:** планетарий, народная обсерватория, музей космонавтики.

## Урок 12. Система «Земля — Луна»

**I. Цель урока:** напомнить об основных движениях нашей планеты и изучить явления, происходящие в системе «Земля — Луна» (нашей «двойной планеты»).

**II. Основная воспитательная идея.** Наблюдаемые на небе обычные (смена лунных фаз) и редкие (затмения Солнца и Луны) явления можно просто и естественно объяснить, зная, что Земля — одна из планет Солнечной системы, а Луна — спутник Земли.

**III. Комплексные задачи урока.**

1. *Доминирующие образовательные задачи:*

а) продолжить формирование понятий: вращение Земли, обращение Земли, параллактическое смещение, эллиптическая орбита, сжатие Земли, смена дня и ночи, смена времен года, затмения, периодическое изменение вида Луны;

б) ввести понятия: эллипсоид вращения, средний радиус планеты, средняя плотность планеты, фазы Луны, синодический месяц, сидерический месяц, видимое движение Луны, видимая сторона Луны, обратная сторона Луны, полные, частные и кольцеобразные затмения Солнца, полные и частные затмения Луны, сарос.

2. *Доминирующие воспитательные задачи:*

а) показать мировоззренческое значение изучения явлений в системе «Земля — Луна»;

б) отметить приоритет отечественной науки в начальный период космических исследований Луны (полеты первых лунников);

в) отметить уникальность природы Земли и актуальность сохранения ее природы (глобальная и космическая экология);

г) обратить внимание на вызывающий восхищение вид Луны, извечно являющийся предметом вдохновения поэтов, художников, музыкантов (эстетическое воспитание).

**3. Доминирующие задачи развития:**

а) изучить явления в системе «Земля — Луна», что способствует пониманию учащимися сущности небесных явлений, которые раньше казались людям загадочными и сверхъестественными (интеллектуальное развитие);

б) воспользовавшись материалом урока, заинтересовать учащихся наблюдениями (визуальными и фотографическими) Луны в разных фазах (развитие наблюдательности, умение выполнять простейшие астрономические наблюдения).

**IV. Структура урока, основные приемы и методы.** В зависимости от возможностей и методических предпочтений учителя тема данного урока может быть раскрыта либо на традиционном уроке (фронтальный опрос, учебная лекция и т. д.), либо в форме выступлений учащихся с рефератами, либо в процессе работы учащихся с текстом учебника (под руководством учителя).

**V. Учебное оборудование:** фильмы «Планета Земля», «Солнечные и лунные затмения», «Луна — спутник Земли», наглядные таблицы, обычные и компьютерные слайды, теллурий, моделирование затмений на компьютере, использование компьютера и ШАК для получения информации о предстоящих затмениях.

**VI. Межпредметные связи:** математика (сжатие эллипсоида), физическая география (движения Земли — вращение вокруг оси и обращение вокруг Солнца, смена времени суток и времен года), физика (прямолинейное распространение света и затмения), история и литература (о затмениях, игравших важную роль в истории и отраженных в литературных памятниках).

**VII. План изложения нового материала:** а) введение; б) основные движения Земли; в) Луна — спутник Земли; г) солнечные и лунные затмения.

**VIII. Задание на дом:** § 12. В-з. к § 12.

**IX. Анализ дидактического материала.** Материал учебника предоставляет учителю большие возможности для обсуждения с учащимися тех или иных вопросов и создания проблемных ситуаций. Скорее всего, немногие учащиеся до изучения этого материала сумеют правильно ответить на такие, казалось бы, простые вопросы: почему происходит смена времен года? Почему Луна изменяет свой вид? Почему происходят затмения Солнца (Луны)? Убедитесь, что большинство ответов окажутся ошибочными или в лучшем случае неполными. Поэтому надо особенно серьезно отнестись к выполнению В-з. к § 12, в которых нет трудных задач.

Простых вычислений требуют В-з. № 3\*, 4, 5. Рассмотрим их.

**В-з. № 3\*.** Вычислите сжатие Земли, зная, что по данным, полученным геодезистами Ф. Н. Красовским и А. А. Изотовым, малая полуось земного эллипсоида равна 6356,863 км, а большая — 6378,245 км.

<p>Дано:  <math>a = 6378,245</math> км  <math>b = 6356,863</math> км  <math>\epsilon = ?</math></p>	<p>Решение:  <math>\epsilon = \frac{a - b}{a};</math>  <math>\epsilon = \frac{6378,245 \text{ км} - 6356,863 \text{ км}}{6378,245 \text{ км}} = 0,0033523</math>          (т. е. примерно 0,3%, что значительно меньше сжатия Юпитера, у которого оно около 6%!).</p>
---	---

**В-з. № 4.** Зная эксцентриситет и большую полуось орбиты Луны, вычислите наибольшее и наименьшее расстояния до Луны.

<p>Дано:  <math>e = 0,05</math>  <math>a = 384\,400</math> км  <math>a_{\max} = ?</math>  <math>a_{\min} = ?</math></p>	<p>Решение:          Напоминаем учащимся, что ближайшая к Земле точка орбиты Луны называется перигеем, а наиболее удаленная — апогеем. При решении задачи воспользуемся рисунком 21 на с. 41 к § 9 учебника и формулами этого параграфа:  <math>e = \frac{c}{a}</math>, отсюда <math>c = e \cdot a</math>;  <math>c = 0,05 \cdot 384\,400 \text{ км} = 19\,220 \text{ км}</math>;  <math>a_{\min} = 384\,400 \text{ км} - 19\,220 \text{ км} = 365\,180 \text{ км}</math>;  <math>a_{\max} = 384\,400 \text{ км} + 19\,220 \text{ км} = 403\,620 \text{ км}</math>.</p>
---	---

**В-з. № 5.** Докажите, что общий центр масс системы «Земля — Луна» находится внутри Земли.

**Решение:** Искомое расстояние  $x$  найдем из соотношения

$$M_{\oplus} \cdot x = \frac{M_{\ominus}}{81} (r - x),$$

где  $M_{\oplus}$  — масса Земли, которая в 81 раз больше, чем масса Луны;  $r$  — расстояние между Землей и Луной.

Сокращая массу Земли, получаем

$$x = \frac{r - x}{81};$$

$x = \frac{r}{82}$ ; так как  $r = 384\,400$  км, то  $x = 4740$  км.

Итак, центр масс системы «Земля — Луна» по нашим весьма приближенным расчетам находится на расстоянии 4740 км от центра Земли. Так как радиус Земли 6400 км, понятно, что эта точка находится глубоко внутри Земли (на глубине около 1700 км).

**Х. Методические рекомендации.** Поскольку Землю подробно изучают в курсе географии, в учебнике предельно кратко рассматривается ее движение (обращение и вращение); напоминает, что смена времен года есть следствие обращения Земли во-

круг Солнца и сохранения направления оси в пространстве (все это наглядно показывается с помощью теллурия); приводятся важнейшие сведения о форме Земли и ее средней плотности (дополнительная информация о Земле содержится в приложении учебника, диафильме «Планета Земля» и таблицах по астрономии). Надо сказать учащимся о том, что при последующем изучении природы планет и их спутников Земля (и Луна) будет играть роль эталона, с которым мы будем сравнивать природу других несамосветящихся небесных тел Солнечной системы.

В § 12.3 содержатся сведения о Луне как небесном теле (дополнительная информация есть в приложении учебника, диафильме «Луна — спутник Земли», таблицах и других учебных диафильмах по астрономии). Особое место в этом разделе уделяется обращению Луны вокруг Земли, смене лунных фаз (рис. 28 учебника) и особенности вращения Луны вокруг оси (вероятно, все-таки придется более подробно объяснить, почему с Земли всегда видна одна и та же сторона Луны). Вводятся понятия: фаза Луны, синодический и сидерический месяц, видимое движение Луны на небесной сфере. Учащимся предлагается убедиться во время самостоятельных наблюдений в том, что каждый вечер кульминация Луны запаздывает примерно на 50 мин.

Солнечные и лунные затмения рассматриваются в § 12.4, в котором с помощью рисунков 29 и 30 объясняется суть этих явлений. Вводятся понятия: полное, частное и кольцеобразное затмения Солнца, полное и частное затмения Луны (о полутеневом затмении Луны можно не упоминать), сарос. Дается представление о картине солнечного и лунного затмений и периоде повторяемости затмений, а также об отношении людей к затмениям в древности и теперь. Даже в случае проведения традиционного урока можно предложить учащимся подготовить рефераты о солнечных и лунных затмениях.

## **Урок 13. Природа Луны**

**I. Цель урока:** познакомить учащихся с основными физическими характеристиками Луны как небесного тела и природными условиями на Луне.

**II. Основная воспитательная идея.** Изучение природы Луны показывает бессмысленность противопоставления мира «земного» миру «небесному».

### **III. Комплексные задачи урока.**

1. *Доминирующие образовательные задачи:*

а) продолжить формирование представлений об естественном спутнике Земли;

б) заинтересовать учащихся наблюдениями поверхности Луны в телескоп;

в) ввести понятия: моря и материки Луны, кратеры, лунный реголит, видимая и обратная стороны Луны.

2. *Доминирующие воспитательные задачи:*

а) обосновать вывод о том, что Луна, представляющая собой небесное тело, природа которого имеет много сходства с природой Земли, не оказывает на людей часто приписываемого ей *сверхъестественного* влияния;

б) сравнить представления о Луне, которые существовали до телескопических наблюдений, с теми, которые получены в результате космических исследований, и сделать вывод о познаваемости мира (данные об обратной стороне Луны, лунном грунте и т. д.);

в) содействовать воспитанию у учащихся столь необходимого сейчас чувства патриотизма, гордости за отечественную науку (первые в истории космонавтики эксперименты: полет к Луне, фотографирование обратной стороны Луны, мягкая посадка на Луну, исследование Луны с помощью луноходов и др.);

г) содействовать эстетическому воспитанию учащихся, знакомя их с красотой лунного пейзажа и рассказывая о небе Луны.

3. *Доминирующие задачи развития:*

а) научить выделять главное при анализе природы небесных тел (общая характеристика, особенности атмосферы, температурные условия, поверхность и т. д.);

б) на примере очень важного из новейших открытий — открытия льда на Луне — содействовать развитию познавательных способностей учащихся и стремлению непрерывно самостоятельно пополнять свои знания.

**IV. Структура урока:** учебная лекция с использованием аудиовизуальных средств, наглядных таблиц и учебных компьютерных программ.

**V. Учебное оборудование:** фильмы «Луна — спутник Земли», «Поверхность Луны», «Природа, эволюция и происхождение Луны», кинофильм «Луна», наглядная таблица «Спутники планет», глобус Луны или карта (атлас) Луны, учебные кино- и видеофильмы о Луне, компьютерные диски и обучающие программы.

**VI. Межпредметные связи:** природоведение (предварительные сведения о Луне), физика (масса и плотность тел, ускорение силы тяжести), география (моря и материка Земли).

**VII. План изложения нового материала:** а) физические условия на Луне; б) поверхность Луны; в) лунные породы.

**VIII. Задание на дом:** § 14. В-з. к § 14.

**IX. Анализ дидактического материала.** По ходу урока можно предложить учащимся начертить (в подходящем масштабе) профиль большого лунного кратера. Если принять диаметр кратера равным 250 км, а высоту вала — 5 км, то при высоте вала 2 мм диаметр кратера составит 100 мм, что удобно изобразить на чертеже. Главное, на что нужно обратить внимание при выполнении В-з. к § 14, — это необходимость самостоятельных наблюдений Луны в бинокль или любительский (школьный) телескоп.

**Х. Методические рекомендации.** Изучение природы Луны поучительно со многих точек зрения, поскольку нашему естественному спутнику присущи характерные особенности, свойственные не только многим «лунам» планет-гигантов, но и планетам земной группы (прежде всего Меркурию). Исключительно важно и то, что Луна представляет собой наилучший объект для школьных астрономических наблюдений в бинокль или школьный телескоп. Уроки астрономии, рассказывающие о Луне, должны вызвать интерес учащихся и подготовить к этим наблюдениям. Более того, лучше всего знакомить учащихся с Луной непосредственно во время наблюдений. Кроме учебника, полезными на уроках и внеклассных занятиях в помещении окажутся вышеуказанные учебные диафильмы, а также диафильмы из серии «Достижения СССР в исследовании космического пространства».

В § 13.1 содержатся сведения о причине отсутствия на Луне атмосферы и воды в жидком состоянии в ее морях, температуре поверхности, небе Луны и эволюции системы «Земля — Луна». Разбор системы «Земля — Луна» очень интересен и важен, но из-за недостатка времени невозможно на уроке рассмотреть сохранение момента количества движения системы «Земля — Луна», действие приливных сил и т. д. Поэтому эти и другие вопросы изучаются на факультативных и кружковых занятиях.

Материал § 13.2 подготавливает учащихся к телескопическим наблюдениям Луны. Здесь вводятся понятия: море, материк, кратер, горный хребет, терминатор, лучевая система; приводятся фотография Луны в полнолуние (рис. 32 учебника) и необходимая для наблюдений карта-схема (рис. 33 учебника) с указанием важнейших деталей поверхности видимой с Земли стороны Луны. Полезен и рисунок 35 учебника, показывающий, что при наблюдениях наиболее впечатляет вид лунных кратеров вблизи терминатора. Учащиеся обычно проявляют интерес к результатам лунных космических экспериментов (полетам отечественных и американских автоматических межпланетных станций и, конечно, американских астронавтов). В учебнике сказано о получении первых фотографий обратной стороны Луны и приведен участок поверхности обратной стороны Луны (рис. 36 учебника).

О космических исследованиях рассказывает § 13.3, содержащий сведения о лунном реголите и возрасте лунных пород. Особое внимание необходимо обратить на открытие льда на Луне, что приближает время создания первых лунных баз.

В § 13 уделено внимание не только эволюции системы «Земля — Луна», но и эволюции самой Луны (образование лунных кратеров, лунотрясения). Можно упомянуть о постоянно поступающих сообщениях о наблюдениях различных нестационарных явлений (вспышек) и предложить любознательным школьникам с этой целью регулярно наблюдать Луну в телескоп.

## Урок 14. Планеты земной группы

На данном и следующем уроках рассматривается природа планет. Сформулируем цели и задачи этих важных уроков.

**I. Цели уроков о физической природе планет:** познакомить учащихся с двумя основными группами планет (планеты земной группы и планеты-гиганты), наличие которых представляет собой одну из важнейших закономерностей строения Солнечной системы.

**II. Основная воспитательная идея.** Поскольку Земля не просто одна из планет Солнечной системы, а уникальная планета — единственная, на которой возможны существование и развитие высших форм жизни, человечество обязано тщательно беречь от разрушения и уничтожения комплекс природных условий на нашей планете, образующий «экологическую нишу» разума в пределах Солнечной системы (сохранение земной природы — важная эстетико-экологическая проблема).

### **III. Комплексные задачи уроков о природе планет.**

#### *1. Доминирующие образовательные задачи:*

а) убедить учащихся, что Солнечная система не случайное скопление различных небесных тел, а именно система, открытые закономерности в которой свидетельствуют о том, что входящие в ее состав небесные тела образовались в результате естественного продолжительного эволюционного процесса;

б) доказать, что только на Земле сложились условия, подходящие для возникновения и развития жизни (соответствующий химический состав атмосферы и температурный режим, наличие воды), хотя до сих пор не удалось выяснить, была ли когда-нибудь жизнь на Марсе, и мы не знаем, что скрывается в глубинном океане из воды на Европе (спутнике Юпитера);

в) ввести понятия: состав Солнечной системы, закономерности в Солнечной системе, планеты земной группы, планеты-гиганты;

г) заинтересовать учащихся наблюдениями планет (не только невооруженным глазом, но и в бинокль и телескоп);

д) убедить учащихся в том, что изучение планет и их спутников в конечном счете позволяет нам лучше изучить Землю (сравнительная планетология).

#### *2. Доминирующие воспитательные задачи:*

а) способствовать формированию экологического мышления учащихся;

б) содействовать формированию таких мировоззренческих идей, как причинно-следственные связи (на примере условий, от которых зависят температурный режим и характер смены времен года на планетах), познаваемость мира и его закономерностей (на примере познаваемости закономерностей в Солнечной системе и исследования природы планет), обусловленность развития науки потребностями производства (на примере сравнительной планетологии);



в) содействовать эстетическому воспитанию учащихся, знакомя их с красотой и стройностью Солнечной системы, разнообразием природы входящих в нее планет и спутников.

**3. Доминирующие задачи развития:**

а) способствовать формированию умения в большом материале выделить главное (основные особенности обеих групп планет);

б) способствовать формированию умения анализировать материал, содержащийся в учебнике, справочных таблицах, и на его основе формулировать логические выводы, используя вопросы-задания для самоконтроля;

в) создавать эмоциональные ситуации, обсуждая вопросы, связанные с возможностью существования жизни на других планетах;

г) для развития познавательных интересов и способностей учащихся акцентировать их внимание на общечеловеческих проблемах (недопустимость уничтожения человечества и природы Земли в результате термоядерной катастрофы, загрязнения атмосферы, воды и т. д.);

д) для наиболее подготовленных учащихся предусмотреть написание рефератов и проектов о природе планет и достижениях космонавтики, самостоятельные наблюдения планет, участие в работе астрономического кружка.

**IV. Основная методическая идея.** Опираясь на имеющиеся у учащихся представления о Земле как планете, следует не рассматривать (в сравнении с Землей) физические характеристики каждой планеты отдельно, а группировать в виде блоков «Атмосферы планет земной группы», «Поверхности планет земной группы» и т. д. Работая с этим материалом, с соответствующими таблицами из приложений в учебнике и, если возможно, с дополнительной литературой и Интернетом, предложите учащимся суммировать имеющиеся у них данные и кратко охарактеризовать каждую из планет земной группы или планет-гигантов.

**V. Структура урока:** учебная лекция с использованием аудиовизуальных средств текстового и иллюстративного материала учебника, авторская рабочая тетрадь-альбом «Астрономия, 11».

**VI. Учебное оборудование:** диафильмы «Планеты земной группы», «Планеты-гиганты», фрагменты учебного кинофильма или видеофильма, наглядные таблицы, ШАК.

**VII. Межпредметные связи:** природоведение и физическая география (первоначальные сведения о природе планет), физика (агрегатные состояния вещества, магнитное поле Земли), химия (состав атмосферы небесных тел), биология (происхождение жизни на Земле), обществознание (познаваемость мира и его закономерностей), актуальность решения глобальных экологических проблем).

**VIII. План изложения нового материала:** а) общая характеристика планет земной группы; б) атмосферы; в) поверхности.

**IX. Задание на дом:** § 14. В-з. к § 14.

**Х. Анализ дидактического материала и методические рекомендации.** Как мы знаем, одна из фундаментальных идей современной методики обучения астрономии связана с необходимостью гуманизации школьного курса астрономии, т. е. с проецированием изучаемого материала о Вселенной на общечеловеческие проблемы и ценности. Поэтому изучение планет земной группы — благодатная тема, поскольку позволяет лучше узнать планету, на которой живет человек (практическое значение сравнительной планетологии).

Фактический материал, накопленный наукой к настоящему времени, огромен. Поэтому требуется не только тщательно отобрать самую важную общеобразовательную информацию, но и найти способ оптимально компактного изложения учебного материала. Это заставило автора отказаться от традиционного изложения, при котором дается характеристика каждой из планет. В § 14 (и в § 15), как уже отмечалось, принята иная система изложения учебного материала:

дается общая характеристика планет (сходство и важнейшие различия);

затем рассматриваются их атмосферы и поверхности (подчеркиваем сходство и различие и не забываем сопоставлять это с Землей);

в В-з. к § 14 учащимся предлагается проанализировать содержащиеся в учебнике данные о планетах земной группы и на основе этого анализа, во-первых, охарактеризовать в отдельности Меркурий, Венеру и Марс и, во-вторых, сделать вывод о невозможности существования жизни на этих планетах.

Здесь особенно важно максимально использовать учебник. Текстовый материал учебника неразрывно связан с иллюстрациями, таблицами, приложениями в учебнике и ШАК.

При работе с текстом параграфа учащимся придется часто обращаться к приложениям в учебнике, потому что численные значения различных параметров планет земной группы, как правило, в тексте не приводятся. Например, указывается, что у данных планет мало спутников, что эти планеты медленно вращаются вокруг осей, имеют небольшие массы и значительные средние плотности и т. д. Данные, содержащиеся в приложениях, позволяют учащимся все это конкретизировать и убедиться в справедливости сказанного (особенно при дальнейшем сравнении планет земной группы и планет-гигантов).

Приведем еще один пример методического подхода к изложению материала § 14.1, где сравниваются вращение и обращение Меркурия, Венеры и Марса с Землей. Небольшой текст требует от учащихся вдумчивой работы, предусматривающей самостоятельное сравнение продолжительности периодов обращения и вращения этих планет, а также уточнение углов наклона осей планет к плоскости их орбит (что необходимо для заключения о характере смены времен года на разных планетах).

В разделе об атмосферах планет (§ 14.2), во-первых, подчеркивается, что важнейшие данные об атмосферах планет получены благодаря космическим экспериментам. Во-вторых, отмечается резкое отличие азотно-кислородной атмосферы Земли от атмосфер Венеры и Марса, в основном состоящих из углекислого газа. В-третьих, приводятся данные о давлении и температуре. В-четвертых, дается понятие «парниковый эффект». (Здесь уместно сделать предостережение по поводу опасности загрязнения земной атмосферы, которое может привести к нежелательным последствиям парникового эффекта на Земле.) В-пятых, рассказывается об особенностях облаков и оранжевом цвете неба Венеры. В-шестых, сообщается о пылевых бурях на Марсе. В учебнике делается попытка (возможно, излишне прямолинейная) провести аналогию между бурями на Марсе и предсказываемыми учеными ужасами ядерной ночи и ядерной зимы (экологические глобальные последствия ядерной войны, развязывание которой чревато гибелью цивилизации и уникальной природы Земли).

В разделе о поверхностях планет (§ 14.3) прежде всего подчеркивается, что планеты земной группы имеют твердые поверхности (чего нет у планет-гигантов!). Далее рассказывается, как изучают поверхности планет земной группы, и сообщаются важнейшие данные о поверхностях Меркурия, Венеры и Марса (по сравнению с Землей и Луной). Рассказывается об отсутствии воды в жидком состоянии на Меркурии и Венере и особо подчеркивается важность открытия льда на Марсе, который, если бы расплавился, мог бы, вероятно, покрыть слоем воды (толщиной до 500 м) всю планету! Поэтому становятся реальными полеты людей на Марс через 15—20 лет. Получены данные о наличии льда и вблизи полюсов Меркурия. Не исключено, что на Марсе откроют запасы жидкой воды. Это не противоречит низким температурам и давлениям в разных районах этой планеты (при существующих там перепадах высот).

Вопросы-задания для самоконтроля не требуют вычислений, причем В-з. № 6\*, 7\*, 12\* отмечены звездочками. Надо сказать, что и без В-з. к § 14 домашнее задание оказалось достаточно трудоемким, так как § 14 содержит очень большой материал.

И еще одно замечание. Рассказывая о космических исследованиях Луны и планет, нужно не только вспоминать пионерские полеты отечественных и американских АМС к Меркурию, Венере и Марсу, но и стараться сообщать учащимся (на данном и последующих уроках) новую информацию. Особенно интересно исследование поверхности Марса, недавно выполненное с помощью американских марсоходов!

## **Урок 15. Планеты-гиганты**

Мы продолжаем начатое на прошлом уроке изучение природы планет Солнечной системы.

**I. Цель урока:** познакомить учащихся с самыми большими и (в отличие от планет земной группы) далекими от нас планетами.

**II. Основная методическая идея,** имеющая существенное воспитательное значение, — показать, что в пределах Солнечной системы мы встречаемся с совершенно непохожими друг на друга планетами (хотя все они образовались в едином процессе, о котором учащиеся узнают на уроках по планетной космогонии).

**III. Возможные формы проведения урока:** учебная лекция, рефераты учащихся (по соответствующим разделам параграфа или на темы «Юпитер — самая большая планета Солнечной системы», «Сатурн и его кольца», «Уран и Нептун»), рассказ учителя о планетах-гигантах во время наблюдения в телескоп Юпитера и его галилеевых спутников.

**IV. Учебное оборудование:** диафильм «Планеты-гиганты», фрагменты из учебных кинофильмов и видеофильмов, компьютерные слайды и учебные программы, ШАК, ПКЗН, рабочая тетрадь-альбом «Астрономия, 11».

**V. Межпредметные связи.** Данный урок, как и предыдущий, проводим, опираясь на знания учащихся по физике и химии.

**VI. План изложения нового материала** (при традиционном проведении комбинированного урока): а) общая характеристика планет-гигантов; б) особенности строения; в) спутники; г) кольца.

**VII. Задание на дом:** § 15. В-з. к § 15.

**VIII. Анализ дидактического материала и методические рекомендации.** Этот урок имеет, как уже отмечалось, в основном такую же структуру, как и предыдущий. Сначала рассматриваем общую характеристику планет-гигантов на основе самостоятельной работы учащихся с приложениями в учебнике. В учебнике приводятся лишь особенно впечатляющие справочные данные, которые показывают: во сколько раз Юпитер превосходит Землю по объему и массе; очень малую среднюю плотность Сатурна; различие экваториального и полярного радиусов у Земли и Юпитера; число спутников у различных планет-гигантов (у Юпитера к 2004 г. было известно **63**, у Сатурна — **35**, у Урана — **27**, у Нептуна — **13**).

В § 15.2 прежде всего подчеркивается отсутствие твердых поверхностей у планет-гигантов, приводятся данные о верхних слоях атмосферы Юпитера (это следует подчеркнуть!) и наблюдаемых там облачных структурах. Структуры, аналогичные Красному Пятну и разнообразным структурным потокам, издавна наблюдаемые на Юпитере, обнаружены и на Сатурне.

Далее рассказываем о предполагаемом внутреннем строении планет-гигантов. Этому предшествует обоснование вывода о том, что Юпитер (как и другие планеты-гиганты) обладает собственным источником энергии (хотя даже такая массивная планета имеет все-таки недостаточную массу, чтобы стать звездой). Интересующимся школьникам сообщаем о моделях внутреннего строения планет-гигантов и особенностях состояния недр (высокая

температура, твердый водород). Труден вопрос о магнитных полях планет-гигантов, которые связаны с их внутренним строением и вращением. Достоверно известно, что магнитное поле Юпитера и других планет-гигантов во много раз больше магнитного поля Земли. Поэтому, в частности, обнаруженный у Юпитера радиационный пояс в десятки тысяч раз интенсивнее земного. Вероятно, соответственно различаются по своим масштабам наблюдаемые на Земле и на Юпитере грозы и полярные сияния.

В § 15.3 содержится материал о спутниках Юпитера и Сатурна, сфотографированных с близкого расстояния. Кроме помещенных в учебнике, сейчас имеется много других фотографий спутников Юпитера, Сатурна, Урана и Нептуна, полученных, например, с борта «Вояджера-2». Их желательно продемонстрировать на уроке, воспользовавшись иллюстрациями в журнале «Земля и Вселенная», рабочей тетрадь-альбомом «Астрономия, 11» и CD-ROM-дисками. Рассказывая о спутниках планет-гигантов, полезно сообщить об их относительных размерах (и сравнить с Луной), а также остановиться на тех спутниках, у которых открыты атмосферы (данные содержатся в учебнике). Особый интерес представляет спутник Юпитера Европа. Возможная модель Европы примерно такова: каменное ядро в центре, вокруг ядра обширный водяной океан, покрытый толстой ледяной корой, поверхность которой изобилует пятнами, ямами, холмами и куполами (размеры куполов около 10 км, и отстоят они друг от друга на 20 км). Возможно, что такой рельеф — результат конвекции из-за градиента температур в более теплом внутреннем слое коры и морозе на поверхности ( $-170^{\circ}\text{C}$ ). Теоретический анализ снимков, полученных с АМС «Галилей», свидетельствует о том, что толщина льда на Европе достигает нескольких километров, но это необходимо уточнить.

В § 15.4 рассматриваются кольца планет (прежде всего Сатурна и кольца, сравнительно недавно открытые и у других планет-гигантов). В список вопросов-заданий для самоконтроля включено десять вопросов, три из которых отмечены звездочками. Здесь также нет вычислительных заданий, поскольку автор предпочел их заданиям, требующим от учащихся умения тщательно анализировать текстовой материал учебника и самостоятельно наблюдать Юпитер и Сатурн (когда эти планеты будут видны на вечернем небе).

## Урок 16. Астероиды и метеориты

**I. Цель урока:** познакомить учащихся с природой астероидов и метеоритов.

**II. Основная воспитательная идея.** Необыкновенные небесные явления, к числу которых издавна относили «падающие с неба камни», получили естественное научное объяснение, и их исследование имеет важное значение для разработки проблем происхождения Солнечной системы.

### **III. Комплексные задачи урока.**

#### *1. Доминирующие образовательные задачи:*

а) продолжить формирование понятий: малая планета, метеорит;

б) ввести понятия: астероид, Главный пояс астероидов, пояс Койпера, железные метеориты, каменные метеориты, метеоритный кратер, Тунгусское явление (метеорит);

в) познакомить учащихся с проблемой астероидной опасности, подчеркнув, что, хотя столкновение Земли с очень крупным астероидом (или ядром кометы) может происходить один раз примерно за миллион лет, два явления в XX в. (Тунгусское и столкновение кометы с Юпитером) вызывают довольно обоснованное опасение.

#### *2. Доминирующие воспитательные задачи:*

а) показать несостоятельность суеверий, связанных с падением метеоритов;

б) содействовать эстетическому воспитанию учащихся, демонстрируя не только фотографии, но и (по возможности) осколки настоящих метеоритов (экскурсии в минералогический музей или планетарий);

в) акцентировать внимание учащихся на том, что метеоритные кратеры, обнаруженные в настоящее время на Луне, спутниках Марса, Юпитера и Сатурна, планетах земной группы и даже на астероидах, свидетельствуют об интенсивной метеоритной бомбардировке, которой подвергались эти небесные тела в период их формирования.

#### *3. Доминирующие задачи развития:*

а) выделить главное в изучаемом материале — основные сведения, касающиеся природы астероидов и метеоритов;

б) создать эмоциональную ситуацию на уроке и содействовать экологическому воспитанию учащихся, рассказывая о глобальной катастрофе, которая, как принято считать, произошла 65 млн лет назад, и о Тунгусском явлении, о природе которого выдвинуто множество гипотез;

в) для развития наиболее подготовленных учащихся предусмотреть подготовку ими рефератов о природе астероидов и метеоритов.

**IV. Структура урока, доминирующие приемы и методы.** Урок целесообразно начать с фронтального опроса или небольшой самостоятельной работы по темам двух предыдущих уроков; новый материал можно изучать одним из следующих методов — учебная лекция, выступления учащихся с краткими рефератами (об астероидах и метеоритах), самостоятельная работа учащихся с текстом § 16.

**V. Учебное оборудование:** диафильм «Малые тела Солнечной системы», наглядная таблица, фрагменты об астероидах и метеоритах из кинофильмов с CD-ROM-дисков.

**VI. Межпредметные связи:** природоведение и география (первоначальные сведения о малых планетах и метеоритах), физика

(рассмотрение процессов, происходящих при движении метеоритов в земной атмосфере).

**VII. План изложения нового материала:** а)\* закономерность в расстояниях планет от Солнца; б) движение астероидов; в) физические характеристики астероидов; г) метеориты.

**VIII. Задание на дом:** § 16. В-з. к § 16.

**IX. Анализ дидактического материала.** Для фронтальной проверки (или проверочной работы) можно использовать вопросы, аналогичные тем, которые включены в В-з. к § 14 и 15. При изложении нового материала надо акцентировать внимание учащихся на вопросах, на которые им будет предложено ответить в В-з. к § 16. В них включены две несложные задачи. Рассмотрим их.

**В-з. № 2.** Каковы периоды обращений астероидов, имеющих большие полуоси орбит: 2,2 а. е.; 3,6 а. е.?

<p><b>Дано:</b>  <math>a_1 = 2,2</math> а. е.  <math>a_2 = 3,6</math> а. е.  <math>a_{\oplus} = 1</math> а. е.  <math>T_{\oplus} = 1</math> год</p>	<p><b>Решение:</b>          По третьему закону Кеплера имеем  <math>\frac{a_1^3}{a_{\oplus}^3} = \frac{T_1^2}{T_{\oplus}^2}</math>, отсюда <math>T_1 = \sqrt{\frac{a_1^3 T_{\oplus}^2}{a_{\oplus}^3}} = 3,3</math> года;  <math>\frac{a_2^3}{a_{\oplus}^3} = \frac{T_2^2}{T_{\oplus}^2}</math>, отсюда <math>T_2 = \sqrt{\frac{a_2^3 T_{\oplus}^2}{a_{\oplus}^3}} = 6,8</math> года.</p>
<p><math>T_1</math> — ?  <math>T_2</math> — ?</p>	

**В-з. № 3.** Найдите эксцентриситет орбиты Икара, зная его расстояния от Солнца в перигелии и афелии (0,18 а. е. и 1,97 а. е.).

<p><b>Дано:</b>  <math>a_{\min} = 0,18</math> а. е.  <math>a_{\max} = 1,97</math> а. е.  <math>e</math> — ?</p>	<p><b>Решение:</b>          Для решения этой задачи воспользуемся § 9, формулой (14) и рисунком 21 учебника:  <math>e = \frac{c}{a}</math>; <math>a = \frac{a_{\min} + a_{\max}}{2}</math> (см. рис. 21 учебника);  <math>a = 1,08</math> а. е.; <math>c = a - a_{\min} = 0,9</math> а. е.;  <math>e = \frac{0,9}{1,08} = 0,83</math>.</p>
---	--

**X. Методические рекомендации.** При любом из возможных путей изучения нового материала надо прежде всего показать учащимся небесные явления и тела, о которых идет речь, используя диафильм, видеофильм, наглядную таблицу, иллюстрации из учебника и т. д. Это гарантирует успешное проведение интересного урока и, возможно, стимулирует проведение соответствующего внеклассного мероприятия.

На этом и следующем уроках изучаются малые тела Солнечной системы, изучение которых на уроках астрономии началось еще при рассмотрении природы Луны, а также спутников и колец планет. Материал § 16 и 17 дополняет, иллюстрирует и поясняет диафильм «Малые тела Солнечной системы».

Звездочкой отмечен § 16.1\*, потому что формула (25) учебника не относится к числу обязательных. Однако эмпирическое соотношение (правило Тициуса — Боде) имело определенное эвристическое значение, поскольку указывало в свое время направление поиска недостающей планеты Солнечной системы. В учебнике сказано о границах применения формулы (25), но убедиться в том, что правило «плохо работает» применительно к другим планетам, учащиеся могут сами, взяв для сравнения необходимые данные из приложений (В-з. № 1 к § 16). Кроме того, рассказ о правиле Тициуса — Боде позволяет создать проблемную ситуацию и драматизировать открытие Цереры итальянцем Пиацци в самом начале XIX в. (ведь искали все-таки планету между Марсом и Юпитером).

Этим было положено начало открытию множества астероидов, входящих в Главный пояс астероидов (их орбиты преимущественно сосредоточены между орбитами Марса и Юпитера). В конце XX в. был открыт (и сейчас пополняется открытием новых объектов, в том числе весьма крупных) еще один пояс астероидов — пояс Койпера (названный в честь известного американского астронома). Пояс Койпера находится на окраинах планетной системы (не путать с границей Солнечной системы, которая располагается во много раз дальше, чем орбита Плутона и которую нам помогает более или менее наглядно представить себе гипотетическое кометное облако — Облако Оорта).

В § 16.2 дается представление об открытии и наименованиях астероидов (зарегистрировано их уже свыше нескольких тысяч, а общее число — не менее десятков тысяч). В связи с рассказом об орбитах астероидов рассматривается важный вопрос об опасных сближениях астероидов с Землей (проблема астероидной опасности, связанная с обнаружением угрожающих Земле астероидов и методами изменения их орбит или уничтожением). Во внеурочное время желательно посмотреть с учащимися и обсудить один из научно-фантастических фильмов на эту тему (например, «Астероид»). Впрочем, и в реальной жизни сейчас возникают ситуации, при которых невольно вспоминаются научно-фантастические фильмы об угрожающих Земле астероидах. Так, в июле 2002 г. немалые волнения у людей вызвало сообщение средств массовой информации, что обнаружен астероид (размером около 2 км), орбита которого такова, что 1 февраля 2019 г. он врежется в Землю и может уничтожить целый город или даже континент (!). К счастью, через несколько дней людей успокоили, сообщив, что уточненные данные показывают: астероид пройдет на большом расстоянии от Земли и совершенно неопасен (а ведь говорили, что в Англии, например, уже собирались строить подземные убежища, чтобы пережить грозящую катастрофу). Заметим, что в конце сентября 2004 г. один из астероидов (Тоутатис) все-таки приблизился к Земле на расстояние около 1,5 млн км. Его размеры точно определены (4,8 км × 2,4 км).



## Урок 17. Кометы и метеоры

Данный урок является заключительным уроком третьего раздела курса «Физическая природа тел Солнечной системы».

**I. Цель урока:** продолжая изучать малые тела Солнечной системы, перейти к кометам и метеорам.

**II. Основная воспитательная идея.** Появление наводящих прежде ужас «хвостатых звезд» и «падающих звезд» (звезда упала — человек умер) теперь уже не пугает людей, а вызывает у них восхищение красотой ярких комет, болидов, «звездных дождей» или спорадических метеоров.

### III. Комплексные задачи урока.

#### 1. Доминирующие образовательные задачи:

а) продолжить формирование представлений о необыкновенных небесных явлениях;

б) ввести понятия: комета, метеор, метеорное тело, метеорный поток, радиант, метеорный дождь;

в) заинтересовать учащихся самостоятельными наблюдениями метеоров (например, августовского потока Персеиды).

#### 2. Доминирующие воспитательные задачи:

а) показать несостоятельность суеверий, связанных с появлением комет и метеоров;

б) дать представления о сущности проблемы кометной опасности (часть комплексной проблемы астероидно-кометной опасности);

в) содействовать эстетическому воспитанию учащихся, демонстрируя фотографии наиболее впечатляющих комет прошлого и (что особенно важно) тех комет, которые украшали наше небо в конце XX в.;

г) на примере исследований самой классической из комет — кометы Галлея — показать необходимость и плодотворность международного сотрудничества, акцентировав внимание учащихся на успешных космических исследованиях кометы Галлея в 1986 г.

#### 3. Доминирующие задачи развития:

а) создать эмоциональную ситуацию, рассказав о недавнем столкновении кометы Шумейкера — Леви-9 с Юпитером;

б) для развития познавательных интересов и способностей любознательных школьников обсудить с ними во внеурочное время гипотезу о роли комет в зарождении жизни на Земле;

в) познакомить учащихся с выполненными и планируемыми исследованиями комет с помощью космической техники, отметив, что соответствующие исследования кометы Галлея в 1986 г. явились началом таких экспериментов;

г) информировать учащихся, интересующихся астрономией, об общедоступности и научной важности любительских наблюдений комет и метеоров.

**IV. Структура урока, доминирующие приемы и методы:** фронтальный опрос или небольшая проверочная работа по материалу предыдущего урока (примеры качественных вопросов содержатся в В-з. к § 16); изложение нового материала в виде учебной лекции; обсуждения учебного кинофильма (видеофильма), рефератов учащихся или в ходе комментированного чтения текста учебника.

**V. Учебное оборудование:** фильм «Малые тела Солнечной системы», фрагменты учебного кинофильма, видеофильма или CD-диска, наглядная таблица, рабочая тетрадь-альбом «Астрономия, 11».

**VI. Межпредметные связи:** природоведение и география (первоначальные сведения о необычных небесных явлениях), физика (спектральный анализ, флуоресценция), элементы истории искусства (картина «Поклонение волхвов» итальянского художника Джотта, в честь которого был назван один из космических аппаратов, приблизившихся к ядру кометы Галлея).

**VII. План изложения нового материала:** а) вид, строение и открытие комет; б) орбиты комет; в) природа комет; г) метеоры и болиды; д) метеорные потоки.

**VIII. Анализ дидактического материала.** Как уже отмечалось, на данном уроке надо рассматривать вопросы преимущественно по теме предыдущего урока, не тратя времени на решение задач (решать задачи необходимо во внеурочное время, например подготавливая любознательных школьников к олимпиадам). Но все-таки одна из типичных задач включена в В-з. к § 17. Это В-з. № 1. Рассмотрим его.

**В-з. № 1.** Каков примерно период обращения кометы, которая в афелии отстоит от Солнца на 4000 а. е.?

Дано:  
 $a_{\max} = 4000$  а. е.  
 $a_{\oplus} = 1$  а. е.  
 $T_{\oplus} = 1$  год  
 $T_1 = ?$

Решение:

Если принять, что орбита кометы представляет собой сильно вытянутый эллипс, то  $a_{\min} \ll a_{\max}$ , и большую полуось эллипса можно считать равной  $1/2 a_{\max}$ , т. е.  $a_1 \approx 2000$  а. е.

Период обращения кометы находим из третьего закона Кеплера (формула 15):

$$T_1 = \sqrt{\frac{a_1^3 T_{\oplus}^2}{a_{\oplus}^3}} = \frac{a_1 T_{\oplus}}{a_{\oplus}} \sqrt{\frac{a_1}{a_{\oplus}}} = \frac{2 \cdot 10^3 \cdot 1}{1} \sqrt{\frac{2 \cdot 10^3}{1}} = 2 \cdot 10^4 \sqrt{20} \approx 8,9 \cdot 10^4 \text{ лет.}$$

Ответ сравните с периодом обращения кометы Галлея.

Поскольку данный урок завершает третью тему курса, не забудьте обратить внимание учащихся на разделы (с. 108, 109 учебника) «Что желательно знать, изучив тему „Физическая природа тел Солнечной системы“» и «Что желательно уметь, изучив тему

„Физическая природа тел Солнечной системы“. Возможно, вы сочтете полезным поместить этот материал на доске объявлений в своем кабинете вместе с вопросами (тестами) к зачету по третьему разделу курса.

**IX. Методические рекомендации.** На уроке рассматриваются впечатляющие необыкновенные небесные явления, но не надо забывать о том, что большинство школьников их просто никогда не видели. Поэтому важно сформировать представление о кометах, болидах и метеорах, используя иллюстрации в учебнике, рабочей тетради-альбоме «Астрономия, 11», наглядной таблице, кинофильме (видеофильме) и CD-ROM-диске. Именно на этом уроке мы рассказываем о гипотетическом кометном Облаке Оорта, говоря об основном месте «обитания» комет (конечно, бесхвостых!) и далеких от нас границах Солнечной системы, до которых, вопреки обычным ошибочным сообщениям средств массовой информации, еще очень долго придется лететь АМС «Пионер-10», стартовавшей более 30 лет.

Обратите внимание на то, что кометы относятся к одним из самых быстро эволюционирующих небесных тел Солнечной системы, причем их эволюция (в частности, появление и развитие хвостов) связана с воздействием на них Солнца (гравитация, тепло, солнечный ветер). Говоря о комете, открытой Эдмундом Галлеем 15 августа 1682 г. (он был учеником И. Ньютона), надо отметить, что Галлей впервые вычислил орбиту этой кометы, а сама комета многократно красовалась на небе (ее появление отмечалось, например, еще в 240 г. до н. э.). Полезно показать орбиту кометы Галлея на чертеже планетной системы (период обращения близок к 76 годам, эксцентриситет орбиты равен 0,097, угол наклона к плоскости эклиптики равен  $162^\circ$ , т. е. комета движется вокруг Солнца в направлении, обратном тому, в котором обращаются вокруг Солнца планеты, и комета Галлея вновь приблизится к Солнцу в 2061 г.). Подчеркнем, что, исследуя ядра комет (и стремясь доставить их частицы на Землю с помощью средств космонавтики), астрономы получают возможность изучать вещество, из которого 4,5 млрд лет назад сформировались Земля и другие планеты. Недавно уже удалось провести эксперимент по захвату частиц хвоста одной из комет, а в 2014 г. АМС «Розетта» (США) должна зондировать ядро кометы Чурюмова – Герасименко. Приближаясь к Солнцу и Земле, кометы, кроме того, приносят нам информацию о физических условиях в отдаленных областях Солнечной системы, играя роль своеобразных ее зондов. Наконец, школьникам будет интересно узнать, что огромную роль в открытии комет играют любители астрономии. Поэтому научно-фантастический фильм «Столкновение с бездной» заинтересует учащихся. Этот фильм еще раз привлечет их внимание к проблеме астероидно-кометной опасности.

Автор не каждый раз описывает, как надо оформить классную доску, считая, что этот вопрос учитель решит сам, но здесь отметим, что на доске полезно записать тему и план урока, вводимые понятия и данные о комете Галлея.

#### **II.4. Общая характеристика и варианты изучения темы «Солнце и звезды»**

**I. Введение.** Изучение физической природы небесных тел (прежде всего, планет и звезд) имеет важное образовательное и мировоззренческое значение и в настоящее время с полным правом относится к ядру содержания школьной астрономии.

##### **II. Основные цели изучения данной темы:**

а) на примере Солнца изучить важнейшие особенности звезд — главных небесных тел Вселенной;

б) дать представление об истинных (а не о мистических или выдуманных) связях Земли и Космоса (солнечно-земные связи);

в) раздвинуть рамки изучаемой на уроках Вселенной до звезд нашей Галактики, наблюдаемых невооруженным глазом, в бинокль, малые и большие телескопы;

г) познакомить с разнообразием типов звезд;

д) показать, что Солнце по своим физическим характеристикам не является какой-то необыкновенной, исключительной звездой (хотя в последнее время астрономы избегают утверждения «Солнце — рядовая звезда», так как трудно отыскать точных двойников Солнца);

е) заинтересовать учащихся наблюдениями Солнца (на экране, прикрепленном к школьному телескопу);

ж) продолжить изучение основных созвездий, обратив внимание на наличие в них звезд разного цвета (а также температуры, размера, массы и возраста), двойных, кратных и переменных звезд.

**III. Основное содержание.** Данная тема включает 10 уроков, из которых 4 отводятся изучению Солнца, а остальные — определению расстояний до звезд, пространственным скоростям звезд, физической природе звезд, связи между физическими характеристиками звезд, а также двойным, переменным, новым и сверхновым звездам.

**IV. Межпредметные связи.** Изучение всей темы должно опираться на знания учащихся по физике, хотя нередко астрофизический материал все-таки оказывается «опережающим» (что неизбежно при параллельном изучении физики и астрономии и пока удавалось успешно преодолеть лишь при преподавании астрономии в профтехучилищах, где в свое время уроки астрономии проводились после изучения курса физики).

**V. Основные формы изучения учебного материала:** учебная лекция, выступления учащихся с рефератами, беседы с учащимися о

звездах под настоящим звездным небом или искусственным небом планетария.

**VI. Основное учебное оборудование:** ПКЗН, ШАК, диафильмы, кинофильмы, видеофильмы, слайды, фрагменты из учебных компьютерных программ, рабочая тетрадь-альбом «Астрономия, 11».

**VII. Основные формы проверки усвоения материала:** небольшие фронтальные опросы или письменные проверочные работы, контрольная работа по материалу всего раздела, зачет.

**VIII. Астрономические наблюдения Солнца** в телескоп под руководством учителя, продолжение изучения звездного неба (под руководством учителя и самостоятельно).

## Урок 18. Общие сведения о Солнце

Автор не случайно рекомендует провести 4 урока по теме «Солнце» (и с этой целью в учебнике выделено столько же параграфов). По существу, тема «Солнце» ключевая ко всему последующему учебному материалу, а следовательно, от ее усвоения зависит эффективность изучения материала о звездах и галактиках.

**I. Цель урока:** продолжить формирование представлений о Солнце как о динамическом центре Солнечной системы и небесном теле, являющемся источником света, тепла и других видов энергии на Земле (энергии воды, ветра, сжигаемого топлива и т. д.).

**II. Основная воспитательная идея.** Солнце, издавна считавшееся самым могущественным божеством, представляет собой небесное тело (звезду), природа которого качественно отличается от природы других тел Солнечной системы.

### III. Комплексные задачи урока.

#### 1. Доминирующие образовательные задачи:

а) ввести понятия: солнечный телескоп, спектр Солнца (непрерывный спектр со множеством фраунгоферовых линий), химический состав Солнца, Солнце как раскаленный плазменный шар, вращение Солнца, солнечная постоянная, светимость, солнечные пятна;

б) заинтересовать учащихся наблюдениями Солнца (на экране, укрепленном на школьном телескопе) и во избежание несчастных случаев предупредить о недопустимости непосредственного наблюдения Солнца в школьный телескоп (или бинокль).

2. Доминирующая воспитательная задача: разъяснить несостоятельность предрассудков (и суеверий), связанных с появлением солнечных пятен. (В прошлом, заметив на Солнце пятна, которые можно было видеть невооруженным глазом, люди совершенно не понимали их природы или даже отказывались признавать, что видят пятна на Солнце; и в наше время иногда ошибочно истолковывают появление пятен как признак охлаждения Солнца.)

3. *Доминирующие задачи развития:*

а) выделить главное в теме урока: Солнце, в отличие от планет и их спутников, астероидов и комет, представляет собой самосветящееся небесное тело, излучающее свет и тепло за счет физических процессов, происходящих в его недрах;

б) поставив ряд вопросов, касающихся природы Солнца и получивших научное объяснение в недалеком прошлом (например, каковы размеры и масса Солнца, его химический состав и температура), заинтересовать учащихся соответствующими проблемными ситуациями и пояснить идеи их решения (углубляясь, как это сделано в учебнике, лишь в случае достаточно сильного контингента учащихся);

в) в астрономическом кружке организовать систематические наблюдения и зарисовку пятен на экране (с последующим подсчетом относительного числа пятен и построением графиков).

**IV. Структура урока:** учебная лекция с демонстрацией фильма, наглядных таблиц и с применением других печатных и аудиовизуальных пособий.

**V. Учебное оборудование:** фильм «Солнце и жизнь Земли», наглядная таблица, кинофильм (видеофильм), CD-диск.

**VI. Межпредметные связи:** природоведение и физическая география (элементарные представления о Солнце как источнике света и тепла на Земле), физика (спектральный анализ и т. д., о мощности современных гидроэлектростанций, дополнительные понятия об абсолютно черном теле и законах излучения — с. 113—115 учебника), химия (элементы Периодической системы Д. И. Менделеева — водород и гелий), биология (фотосинтез), математика (вычисления, необходимые для решения задач).

**VII. План изложения нового материала:** а) введение; б) вид Солнца в телескоп; в) вращение Солнца; г) размеры, масса и светимость Солнца; д) температура Солнца и состояние вещества на Солнце; е) химический состав Солнца.

**VIII. Задание на дом:** § 18. В-з. к § 18.

**IX. Анализ дидактического материала.** В-з. к § 18 содержат 10 вопросов-заданий, позволяющих учащимся проверить, как они усвоили новый материал.

В-з. № 1—3 предусматривают самостоятельную работу учащихся с приложением VI учебника. С вращением небесного тела по слоям (В-з. № 4) учащиеся встречались при изучении вращения Юпитера и других планет-гигантов. Отвечая на В-з. № 5, полезно сделать чертеж, поясняющий орбитальное перемещение Земли за время, равное обороту Солнца вокруг оси по отношению к звездам. Открытие гелия сначала на Солнце, а потом на Земле — один из примеров практического значения астрофизических исследований. При обсуждении В-з. № 7 необходимо сказать о значении гелия при наполнении дирижаблей, в физике низких температур, в атомной физике (опыты Резерфорда) и т. д.

Обратим внимание на задачи, включенные в упражнение.

**В-з. № 2.** Вычислите среднюю плотность Солнца и полученный результат сравните с табличным, а также со средней плотностью Земли и Юпитера.

<p>Дано:</p> $M_{\odot} = 2 \cdot 10^{30} \text{ кг}$ $R_{\odot} = 7 \cdot 10^8 \text{ м}$ $\bar{\rho}_{\odot} = ?$	<p>Решение:</p> $\rho = \frac{m}{V}, \text{ где } V = \frac{4}{3} \pi R^3, \text{ откуда } \bar{\rho}_{\odot} = \frac{M_{\odot} \cdot 3}{4\pi \cdot R_{\odot}^3},$ $\bar{\rho}_{\odot} = \frac{2 \cdot 10^{30} \text{ кг} \cdot 3}{4 \cdot 3,14 \cdot (7 \cdot 10^8)^3} = 1,4 \cdot 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}.$
---	---

Ответ. Средняя плотность Солнца примерно в 4 раза меньше средней плотности Земли ( $\bar{\rho}_{\oplus} = 5,5 \cdot 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ ) и почти равна средней плотности Юпитера ( $\bar{\rho}_{\text{Ю}} = 1,3 \cdot 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ ).

**В-з. № 3.** Сравните (по размерам и массе) Солнце, Юпитер и Землю, изобразив эти небесные тела в масштабе.

Решение. Пользуясь таблицами из приложений в учебнике, находим радиус Солнца (695 000 км), радиус Юпитера (71 400 км). Следовательно, радиус Солнца примерно в 10 раз больше радиуса Юпитера; радиус Земли 6400 км — это приблизительно в 109 раз меньше радиуса Солнца.

Масса Солнца —  $2 \cdot 10^{30}$  кг.

Масса Юпитера — 318 масс Земли.

Масса Земли —  $6 \cdot 10^{24}$  кг.

$$1. \frac{M_{\odot}}{M_{\oplus}} = \frac{2 \cdot 10^{30}}{6 \cdot 10^{24}} = 330\,000.$$

$$2. \frac{M_{\odot}}{M_{\text{Ю}}} = \frac{330\,000}{318} \approx 1038.$$

Если принять диаметр Солнца равным 10 см, то диаметр Юпитера будет 1 см, а диаметр Земли — около 0,1 см ( $\approx 0,09$  см).

**Х. Методические рекомендации.** Новый материал содержит ряд трудных для учащихся моментов, в частности, только в сильных классах следует давать понятие о законах излучения абсолютно черного тела (закон Стефана — Больцмана, закон Вина).

В начале урока напоминаем учащимся, что им уже хорошо известна роль Солнца в возникновении, развитии и существовании всего живого на Земле, что в прошлом у многих народов дневное светило было объектом поклонения (культ Солнца). Сегодня каждый школьник должен знать, что Солнце — это звезда (причем единственная в Солнечной системе).

Описание вида Солнца в телескоп (§ 18.2) подготавливает учащихся к наблюдениям Солнца, причем в целях техники безопасности необходимо подчеркнуть, что при телескопических наблюдениях Солнца, если они выполняются не на экране, недопустимо использовать воспламеняющиеся светофильтры из засвеченной и проявленной пленки, а лучше всего и безопаснее наблюдать Солнце на экране.

В § 18.3 и 18.4 рассказывается о вращении Солнца, его размерах, массе и светимости. Здесь особенно важно разъяснить понятие «солнечная постоянная» (тогда учащиеся сами смогут вычислить светимость Солнца). Можно напомнить, что вопрос о вычислении массы Солнца мы уже обсуждали, когда вывели формулу (18) учебника. О температуре поверхности Солнца можно просто сообщить или рассказать об одном из способов определения эффективной температуры фотосферы Солнца (§ 18.5), обратив внимание на распределение энергии в спектре Солнца и абсолютно черных тел при различной температуре (рис. 71 учебника). Максимум излучения Солнца приходится на длину волны  $\lambda_{\text{max}} = 4,7 \cdot 10^{-5}$  см (Солнце — желтая звезда). Наконец, говоря о веществе нижних слоев солнечной атмосферы (§ 18.6), отмечаем, что оно в основном состоит из нейтральных атомов (учащиеся должны усвоить, что Солнце — раскаленный плазменный шар, в котором преобладающими химическими элементами являются водород и гелий).

## Урок 19. Строение атмосферы Солнца

На прошлом уроке, изучая такие характеристики Солнца, как масса, размеры, температура, светимость и химический состав, учащиеся получили представление о Солнце как звезде (ведь именно так мы будем характеризовать другие звезды, сравнивая их с Солнцем). На данном уроке, проверив усвоение материала предыдущего урока, мы приступаем к детальному изучению Солнца, рассматривая то, что происходит в разных слоях его атмосферы — от фотосферы до внешней короны. Подобная детализация в отношении других звезд невозможна, потому что только у некоторых из них улавливаются диски (подавляющее большинство звезд — точечные объекты) и звездные пятна — вероятные аналоги солнечных пятен. Поэтому от эффективности проведения данного урока зависит восприятие учащимися мира звезд. Автор убежден, что если не уделить изучению Солнца (и в частности, различным проявлениям его активности) необходимого внимания, то звезды будут восприниматься школьниками абсолютно формально, без каких-либо наглядно-образных представлений о том, какие же на самом деле эти «главные» небесные тела Вселенной. Что же в этом случае останется от мировоззренческих аспектов изучаемых в школе элементов астрофизики?

**I. Цель урока:** изучить происходящие в атмосфере Солнца явления в фотосфере, хромосфере, короне и познакомить с солнечной активностью и ее 11-летним циклом.

**II. Основная воспитательная идея.** На примере строения атмосферы Солнца показать связь и взаимообусловленность космических явлений и процессов, открыть и исследовать которые удалось астрофизике.



### **III. Комплексные задачи урока.**

#### **1. Доминирующие образовательные задачи:**

а) ввести понятия: солнечная активность (комплекс нестационарных взаимосвязанных явлений, наблюдаемых на Солнце), центры солнечной активности (активные области), спокойная и возмущенная фотосфера, гранулы, хромосфера, корона, пятна, факелы, 11-летний цикл солнечной активности;

б) продолжить формирование одного из важнейших для школьной астрономии понятия «фотосфера Солнца»;

в) постараться продолжить наблюдения Солнца в телескоп с целью выявления происходящих изменений (изменение положения групп пятен вследствие вращения Солнца, изменение вида групп пятен в ходе их развития).

#### **2. Доминирующие воспитательные задачи и задачи развития:**

а) используя комплекс средств наглядности, имеющийся в распоряжении учителя, сформировать у учащихся научное представление о виде и динамике развития различных проявлений солнечной активности;

б) акцентировать внимание учащихся на цикличности солнечной активности (как одной из наблюдаемых на Солнце закономерностей, первоначально открытой в результате многолетних наблюдений солнечных пятен);

в) продолжить наблюдения солнечных пятен (в школьном астрономическом кружке наблюдения солнечных пятен должны быть, конечно, регулярными, лучше всего непрерывными на протяжении длительного времени; полезно строить графики изменения чисел Вольфа и вывешивать в школе для всеобщего обозрения).

**IV. Структура урока, доминирующие приемы и методы:** небольшой фронтальный опрос или проверочные работы, учебная лекция, обсуждение фрагментов кинофильмов (видеофильмов), самостоятельная работа учащихся с текстом и иллюстрациями учебника (с последующим или параллельным комментированием прочитанного и законспектированного материала).

**V. Учебное оборудование:** диафильм «Солнце и жизнь Земли», таблицы, кинофильм (видеофильм) о Солнце, фрагменты из учебных компьютерных программ.

**VI. Межпредметные связи.** Урок проводится с максимальной возможной опорой на знания учащихся по физике (конвекция, магнитные поля, излучение и т. д.).

**VII. План изложения нового материала:** а) фотосфера; б) хромосфера; в) солнечная корона; г) солнечная активность.

**VIII. Задание на дом:** § 19. В-з. к § 19.

**IX. Анализ дидактического материала.** В-з. к § 19 включает 14 вопросов-заданий для самоконтроля. В основном они не требуют вычислений, но важны для проверки усвоения материала § 19 учебника и будут неоднократно возвращать к нему учащихся. Однако чтобы ученики точнее ответили на В-з. № 14 («Когда ожидается

очередной максимум солнечной активности?»), на уроке сообщите им о максимуме текущего (23-го) 11-летнего цикла (2000—2001 гг.). Остановимся еще на нескольких вопросах-заданиях (№ 2, 3).

**В-з. № 2.** Сравните приведенные в тексте параметры фотосферы с плотностью и числом частиц, содержащихся в объеме  $1 \text{ см}^3$  воздуха при комнатной температуре и нормальном давлении.

**Решение.** Напомним, что плотность воздуха  $\rho$  при указанных условиях равна  $1,2 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ .

Число частиц в  $1 \text{ см}^3$  при этих условиях можно найти по известной из курса физики формуле

$$n = \frac{m}{M} N_A = \frac{\rho V}{M} N_A.$$

$$\text{Тогда } n_{\text{возд}} = \frac{1,2 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 10^{-6} \text{ м}^3}{0,029 \frac{\text{кг}}{\text{моль}}} \cdot 6 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1} \approx 2,5 \cdot 10^{19}.$$

Из текста учебника находим:  $\rho_{\text{фот}} = 10^{-4} \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ ;  $n_{\odot} = 10^{17}$  в  $1 \text{ см}^3$ .

$$\text{Сравним: } \frac{\rho_{\text{в}}}{\rho_{\text{фот}}} = \frac{1,2}{10^{-4}} = 1,2 \cdot 10^4.$$

Следовательно, плотность воздуха в десятки тысяч раз больше плотности фотосферы (!).

$$\text{Сравним концентрацию частиц: } \frac{n_{\text{возд}}}{n_{\odot}} = \frac{2,5 \cdot 10^{19}}{10^{17}} = 250.$$

В 250 раз концентрация частиц в воздухе больше, чем в фотосфере Солнца.

**В-з. № 3.** Вычислите линейный диаметр пятна, зная, что его угловой диаметр равен  $17,6''$ . Сравните его с диаметром Земли. Можно ли без телескопа видеть это пятно? (Считать, что невооруженным глазом можно увидеть предмет, угловой диаметр которого не менее  $1'$ .)

Д а н о:	Р е ш е н и е: Найдем линейный радиус пятна $R_{\text{пятна}} = \frac{\rho_{\text{пятна}}}{\rho_{\odot}} \cdot R_{\oplus}$ (см. § 11); $D_{\text{пятна}} = \frac{17,6''}{8,8''} R_{\oplus} = 2R_{\oplus}.$
$\rho_{\text{пятна}} = \frac{17,6''}{2}$	
$D_{\text{пятна}} = 2 \frac{\rho_{\text{пятна}}}{\rho_{\odot}} \cdot R_{\oplus}$	
$\rho_{\odot} = 8,8''$	
$R_{\oplus} = 6400 \text{ км}$	
$D_{\text{пятна}} = ?$	

Итак, диаметр этого пятна в 2 раза больше диаметра Земли, но увидеть это пятно с Земли невооруженным глазом невозможно.

**Х. Методические рекомендации.** В § 19 содержится более чем достаточный материал по теме урока (его можно дополнить новейшими данными об исследовании Солнца с помощью космических аппаратов, например Коронас-Ф, СОХО и др.; см. об этом в журнале «Земля и Вселенная», 2002 г., № 6; 2003 г., № 3. По объему материал каждого раздела учебника довольно большой, а потому необходимо помочь учащимся выделить главное.

В § 19.1 развивается очень важное понятие *фотосферы* (светящаяся поверхность Солнца) и дается представление о физических условиях в этом нижнем слое атмосферы Солнца. С Земли при обычных условиях видна только фотосфера, а хромосфера и корона видны невооруженным глазом во время полных солнечных затмений (и частично с помощью внезатменных коронографов и т. п.). Внутренние слои Солнца из-за непрозрачности вещества фотосферы ненаблюдаемы.

Рисунки дают представление о виде солнечного пятна и грануляции, цикличности пятнообразовательной деятельности (приходится дополнительно вводить понятие о числах Вольфа). Числа Вольфа, площадь пятен, число факелов являются фотосферными показателями солнечной активности, о которой можно судить и по явлениям в хромосфере и короне. Одна из особенностей § 19.1 состоит в том, что не только дается описание пятен и факелов, но и подчеркивается роль магнитного поля (предполагается, что сильное магнитное поле, замедляя конвекцию плазмы, приводит к появлению пятен, а слабое усиливает конвекцию и приводит к появлению факелов).

В § 19.2 рассматривается хромосфера, которая (как и корона) излучает на несколько порядков слабее фотосферы, а потому в обычных условиях невооруженным глазом с Земли не наблюдается. Рисунки дают представление о виде хромосферы и наблюдаемых в ней явлениях. По всей видимости, солнечные вспышки и протуберанцы лишь условно можно отнести к деталям хромосферы, как, впрочем, условно проводится граница между хромосферой и короной, фотосферой и хромосферой. Но главное состоит не в том, к чему относить вспышки и протуберанцы (к хромосфере, короне или пограничной области между ними), а в подчеркивании того, что на Солнце происходят мощные активные процессы (это прежде всего относится к вспышкам — своеобразным взрывам в атмосфере Солнца).

Материал § 19.3 содержит данные о солнечной короне: способ наблюдения вне затмения, вид в различных фазах цикла солнечной активности, протяженность, физическое состояние и возможный механизм нагрева.

Понятие о солнечной активности как комплексе нестационарных образований в атмосфере Солнца вводится в § 19.4, а также подчеркивается связь (и возможная взаимообусловленность) проявлений солнечной активности в фотосфере, хромосфере и короне.

Говоря об 11-летнем цикле солнечной активности, полезно упомянуть о последнем (23) из наблюдавшихся его максимумов (он оказался «растянутым» на два года, начиная примерно с 2000 г.) и дополнить материал, содержащийся в учебнике, интересными фактами. В течение 11-летнего цикла происходят десятки тысяч вспышек. Так, в прошлом, 22-м цикле (счет циклов ведется со времени начала регулярной регистрации чисел Вольфа) произошло около 37 тысяч вспышек (за период с 1986 по 1996 г.). В среднем во время максимума солнечной активности они происходили каждые 1—2 часа (а в период минимума — 1—2 раза в сутки).

Материал о солнечной атмосфере настолько богат интересными фактами, что имеет смысл провести занятие во внеурочное время (факультатив, кружок). Здесь учителю может оказаться полезной книга автора «Природа солнечных пятен» (М.: Наука, 1964), содержащая, пожалуй, первый в нашей научно-популярной литературе обзор всех основных проблем, связанных с солнечными пятнами.

## **Урок 20. Источники энергии и внутреннее строение Солнца**

Почему Солнце светит? Что поддерживает на протяжении миллиардов лет практически на одном и том же уровне его излучение, способность освещать и обогревать Землю и другие планеты Солнечной системы? Данный урок поможет учащимся ответить на эти вопросы, относящиеся не только к Солнцу, но и ко всему миру звезд. Ими надо постараться заинтриговать учащихся!

**I. Цель урока:** объяснить, каково внутреннее строение Солнца и где в нем находится генератор той энергии, которая длительное время поддерживает (и миллиарды лет еще будет поддерживать) излучение нашего дневного светила.

**II. Основная воспитательная идея.** Мы теперь знаем, почему светит Солнце, удивительная способность которого вечно дарить Земле свет и тепло тысячелетиями считалась сверхъестественной.

### **III. Комплексные задачи урока.**

#### *1. Доминирующие образовательные задачи:*

а) ввести новые понятия: источник энергии Солнца, протон-протонный цикл, нейтринные наблюдения Солнца, ядро Солнца, перенос энергии излучением внутри Солнца, конвективная зона, равновесие Солнца как раскаленного плазменного шара, температура и давление внутри Солнца;

б) продолжить разговор об универсальности законов физики, открытых на Земле;

в) продолжить формирование специальных и научных навыков: применение законов физики к анализу процессов, происходящих на Солнце, и для разработки модели строения Солнца.

#### *2. Доминирующие воспитательные задачи:*

а) показать учащимся, что знание школьной физики (а также того, что им придется узнать на данном уроке астрономии) позволяет им понять, как устроено Солнце и что происходит внутри него;

б) объяснить, что вклад в эстетическое воспитание вносит не только созерцание красоты Космоса, но и ощущение красоты, присущей аналитическому познанию происходящих в Космосе явлений и процессов.

3. *Доминирующая задача развития:* способствовать развитию интеллекта и познавательных способностей учащихся, знакомя их с научным подходом к выяснению природы источников энергии Солнца и определению физических условий внутри Солнца (в областях, недоступных непосредственному наблюдению).

**IV. Структура урока:** проверка усвоения материала двух предыдущих уроков и учебная лекция.

**V. Учебное оборудование:** фрагменты из учебных кинофильмов (видеофильмов) и компьютерных программ.

**VI. Межпредметные связи:** изложение всего нового материала проводим с опорой на имеющиеся (и с добавлением недостающих) знания учащихся по физике, химии и математике.

**VII. План изложения нового материала:** а) источники энергии Солнца; б)\* внутреннее строение Солнца.

**VIII. Задание на дом:** § 20. В-з. к § 20.

**IX. Анализ дидактического материала.** В-з. к § 20 содержат 7 вопросов-заданий, из которых только 2 требуют вычислений (№ 2\*, 7\*).

**В-з. № 2\*.** Попробуйте оценить, какая энергия выделилась, если бы Солнце целиком состояло из водорода и весь водород превратился в гелий. На сколько лет хватило бы водорода для поддержания нынешней светимости Солнца?

Дано:  
 $M_{\odot} = 2 \cdot 10^{30}$  кг  
 $M_{\text{H}} = M_{\odot}$   
 $L_{\odot} = 3,8 \cdot 10^{26}$  Дж/с  
 $m_{\text{H}} = 1$  г  
 $E_{\text{H}} = 6,3 \cdot 10^{11}$  Дж

$E_{\text{год}} = ?$

$t = ?$

Решение:

1. Сопоставим:

$10^{-3}$  кг —  $6,3 \cdot 10^{11}$  Дж (см. с. 126 учебника);

$2 \cdot 10^{30}$  кг —  $E$ , отсюда

$$E = \frac{6,3 \cdot 10^{11} \text{ Дж} \cdot 2 \cdot 10^{30} \text{ кг}}{10^{-3} \text{ кг}} = 12,6 \cdot 10^{44} \text{ Дж.}$$

Такая энергия выделилась бы при полном сгорании водорода.

2. В год Солнце выделяет энергию, равную:

$$E_{\text{год}} = 3,8 \cdot 10^{26} \frac{\text{Дж}}{\text{с}} \cdot 3,16 \cdot 10^7 \text{ с} \approx 1,2 \cdot 10^{34} \text{ Дж.}$$

3. Теперь вычислим, сколько лет светило бы Солнце:  $t = \frac{E}{E_{\text{год}}} = \frac{12,6 \cdot 10^{44}}{1,2 \cdot 10^{34}} \approx 10^{11}$  лет.

(Реальное время поддержания светимости Солнца должно быть существенно меньше.)

**В-з. № 7\*.** Сколько надо сжечь каменного угля, чтобы получить энергию, выделяющуюся при превращении 1 г водорода в гелий?

<p><b>Д а н о:</b>  <math>E = 6,3 \cdot 10^{11} \text{ Дж}</math>  <math>q_{\text{угля}} = 27 \cdot 10^6 \text{ Дж/кг}</math></p>	<p><b>Р е ш е н и е:</b>  <math>m_{\text{угля}} = \frac{E}{q_{\text{угля}}} = \frac{6,3 \cdot 10^{11} \text{ Дж}}{27 \cdot 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}} = 2,5 \cdot 10^4 \text{ кг} =</math>  <math>= 2,5 \cdot 10^4 \text{ кг} = 25 \text{ т.}</math></p>
<p><math>m_{\text{угля}} = ?</math></p>	

**Х. Методические рекомендации.** Приходится признать, что данный урок содержит материал, трудный для большинства учащихся. Конечно, изложение любого вопроса можно практически беспрельдно упрощать. Например, показать красивую схему и объяснить, что Солнце состоит из ядра, зоны излучения и конвективной зоны, а затем отметить, что в ядре Солнца в условиях, непривычных для «земной» физики, водород превращается в гелий с выделением огромной энергии, медленно просачивающейся к фотосфере и далее излучаемой в космическое пространство. По сути дела, это и есть «сухой остаток», который должен составить один из «краеугольных камней» образования и мировоззрения учащихся. Однако автор учебника рискнул раскрыть тему данного урока более обстоятельно, приглашая учителей последовать за ним.

Итак, § 20 отвечает на два важных вопроса: почему светит Солнце? Как устроено наше дневное светило? Ответы на них требуют не только применения имеющихся у учащихся знаний по физике, но и сообщения им необходимой информации об элементарных частицах, термоядерных реакциях и т. д.

В § 20.1 учебника рассматривается протон-протонный цикл, подсчитывается количество энергии, выделяющейся при сгорании 1 г водорода, и дается представление о нейтринных наблюдениях. Полученные экспериментальные результаты совсем недавно были теоретически объяснены, и теперь можно говорить об уверенном подтверждении реальности протон-протонного цикла, что мировая научная общественность отнесла к числу самых выдающихся достижений физики конца XX — начала XXI в.

Материал § 20.2\* учебника содержит, во-первых, изложение идеи построения моделей внутреннего строения Солнца; во-вторых, сведения о способах передачи энергии от термоядерного источника к фотосфере; в-третьих, приближенный расчет (оценку) давления и температуры в центре Солнца (полезно подобрать примеры, поясняющие внушительность полученных значений). Следует заметить, что главным в этом разделе является не расчет, а включенная в текст система методологических сведений (использование универсальности законов физики, рассмотрение понятия «модель внутреннего строения Солнца», постановка расчетной задачи и анализ сделанных допущений, сравнение полу-

ченного приближенного результата с данными строгих расчетов и т. д.). Поэтому и В-з. к § 20 содержат не столько расчетные задачи, сколько качественные физические и астрофизические вопросы (В-з. № 1, 3, 4, 6), а также методологические вопросы (В-з. № 5, 7).

## **Урок 21. Солнце и жизнь Земли**

В настоящее время научная общественность справедливо возмущается происходящим на наших глазах бессовестным расцветом всякого рода оккультных «наук», по сути дела, смыкающихся с обыкновенным шарлатанством, прикрываемым информацией о том, что жрецы оккультизма вещают не просто так, а постоянно получают какую-то «подпитку» из Космоса (якобы именно им открываются неведомые ученым «законы Космоса»). Голословное отрицание всего этого и попытки «заклеймить» персональных носителей подобного рода «знаний» заметного эффекта не имеют. К примеру, не надо обольщаться надеждой, что, узнав о нетождественности знаков зодиака и зодиакальных созвездий, люди (в том числе и школьники) перестанут верить составителям гороскопов. Данный урок — один из тех, на котором учащиеся смогут узнать не о выдуманных, а об истинных влияниях Космоса на Землю, потому что проблема «Солнце — Земля» — одна из важнейших проблем, непосредственно связанных с тем, что происходит под влиянием Солнца не только в околоземном космическом пространстве и атмосфере Земли, но и в организме человека. Исходя из этого, сформулируем цели и задачи урока.

**I. Цель урока:** объяснить, что научная проблема «Солнце — Земля» имеет важное практическое значение и является примером действительного воздействия небесных тел на нашу планету и на нас самих.

**II. Основная воспитательная идея:** Земля — небесное тело, обращающееся вокруг Солнца и постоянно испытывающее на себе его влияние.

### **III. Комплексные задачи урока.**

#### **1. Доминирующие образовательные задачи:**

а) ввести понятия: гелиотехника, ультрафиолетовое излучение Солнца, рентгеновское излучение Солнца, озоновый слой, озоновые дыры, радиоизлучение Солнца, корпускулярное излучение Солнца, солнечный ветер, магнитная буря, служба Солнца;

б) продолжить формирование понятий: ионосфера, солнечная активность, полярное сияние, тропосфера;

в) постараться продолжить наблюдения Солнца в телескоп, прослеживая эволюцию групп пятен, подсчитывая числа Вольфа и отмечая по солнечным пятнам, как вращается Солнце.

2. *Доминирующие воспитательные задачи:*

а) рассмотреть природу солнечно-земных связей как один из ярчайших примеров причинно-следственных связей (в системе «Солнце — Земля»);

б) акцентировать внимание учащихся на практическом значении применения солнечной энергии (гелиотехника);

в) особо подчеркнуть практическое значение применения солнечно-земных связей (в интересах геофизики, космонавтики, радиофизики, биологии, медицины);

г) подчеркнуть важность международного сотрудничества ученых в организации и проведении непрерывных наблюдений Солнца с наземных и космических обсерваторий всего мира (на примере МГГ, МГСС и др.);

д) содействовать эстетическому воспитанию учащихся, показывая им впечатляющие фотографии различных видов полярных сияний;

е) отметить несостоятельность суеверий, связанных с полярными сияниями (в прошлом люди просто боялись этих небесных явлений);

ж) содействовать экологическому воспитанию учащихся, знакомя их с проблемами озонового слоя, с использованием экологически чистой солнечной энергии и т. д.

3. *Доминирующие задачи развития:*

а) помочь учащимся выделить главное в изучаемом материале (Земля не изолирована от Космоса; существует связь между явлениями на Солнце и на Земле; перед человечеством открываются перспективы развития гелиотехники);

б) создавать эмоциональные ситуации, приводя примеры, казалось бы, неожиданного влияния далеких от нас солнечных вспышек: перебои радиосвязи, появление полярных сияний, обострение у людей некоторых заболеваний.

**IV. Структура урока:** комбинированный урок, включающий проверку пройденного материала и изложение нового материала в виде учебной лекции.

**V. Учебное оборудование:** диафильм «Солнце и жизнь на Земле», таблицы, кино- и видеофрагменты, материалы из CD-ROM-дисков.

**VI. Межпредметные связи.** Урок проводится с опорой на знания учащихся по физике и географии.

**VII. План изложения нового материала:** а) перспективы использования солнечной энергии; б) коротковолновое излучение Солнца; в)\* радиоизлучение Солнца; г) корпускулярное излучение Солнца.

**VIII. Задание на дом:** § 21. В-з. к § 21.

**IX. Анализ дидактического материала.** На этом заключительном уроке о Солнце надо уделить время проверке усвоения главных вопросов трех предыдущих уроков, ориентируясь на В-з. к § 18, 19, 20.



В-з. к § 21 содержат 7 вопросов, из которых мы остановимся на В-з. № 1\*, 2\*.

**В-з. № 1\*.** Сколько нужно сжечь каменного угля, чтобы получить энергию, равную той, которую излучает Солнце в 1 с?

<p><b>Д а н о:</b>  <math>L_{\odot} = 4 \cdot 10^{26} \text{ Дж/с}</math>  <math>E_1 = 4 \cdot 10^{26} \text{ Дж}</math>  <math>q_{\text{угля}} = 27 \cdot 10^6 \text{ Дж/кг}</math>  <math>t = 1 \text{ с}</math></p> <hr style="border: 0; border-top: 1px solid black; margin: 5px 0;"/> <p><math>m_{\text{угля}} = ?</math></p>	<p><b>Р е ш е н и е:</b>  <math>m = \frac{E}{q};</math>  <math>m_{\text{угля}} = \frac{4 \cdot 10^{26} \text{ Дж}}{27 \cdot 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}} = 1,5 \cdot 10^{19} \text{ кг.}</math></p>
---	--

**В-з. № 2\*.** На сколько порядков мощность излучения Солнца превосходит мощность крупнейших электростанций?

**Р е ш е н и е.**

Мощность Красноярской ГЭС —  $6 \cdot 10^9 \text{ Вт}$ .

Мощность Братской ГЭС —  $4,5 \cdot 10^8 \text{ Вт}$ .

Мощность (светимость) Солнца —  $4 \cdot 10^{26} \text{ Вт}$ .

Мощность излучения Солнца превосходит мощность крупнейших гидростанций на 17—18 порядков.

**Х. Методические рекомендации.** С позиций гуманизации общеобразовательного курса астрономии этот урок особенно важен, так как о влиянии Солнца на Землю и ее обитателей слышаны все, но научные основы подобной информации очень слабые. Достаточно указать на массовое распространение информации о геофизически неблагоприятных днях. О них часто сообщается в телевизионных передачах, журнале «Здоровье», еженедельнике «Аргументы и факты» и др. Эта информация определенным образом (можно сказать опасно!) настраивает больных и врачей, хотя научная обоснованность прогноза геофизически неблагоприятных дней вызывает серьезные сомнения. По этому поводу автор обратился в редакцию «Аргументов и фактов» и опубликовал статью в журнале «Наука и жизнь» (1998 г., № 12) о том, что прогнозирование явлений солнечной активности (например, вспышек) пока находится на такой стадии, когда точно указать время их появления на Солнце можно в лучшем случае за несколько дней и невозможно за месяцы вперед предсказывать и вызываемые ими магнитные бури. Не случайно сторонники геофизически неблагоприятных дней иногда просто изменяют исходные позиции своих прогнозов, заявляя, что эти дни связаны не столько с магнитными, сколько с метеорологическими или даже с какими-то гравитационными явлениями (подробнее об этом см.: Земля и Вселенная. — 1988. — № 5; 1989. — № 5, 6).

Итак, в отличие от прогноза сомнительных геофизически неблагоприятных дней существуют научные прогнозы именно магнитных бурь, причем информацию об этом каждый может получить из Института земного магнетизма и распространения радио-

волн (ИЗМИРАН) Российской академии наук, подобно тому, как мы узнаем по телефону точное время (в данном случае надо набрать московский номер 775-43-57). В основе научных прогнозов лежит мониторинг явлений на Солнце (службы Солнца) и сравнительно кратковременный прогноз солнечных вспышек. На протяжении солнечного цикла происходит около 500 магнитных бурь, представляющих угрозу здоровью и даже жизни людей, а также вызывающих различные технологические катастрофы (от обесточивания целых городов до изменения орбит ИСЗ из-за изменения плотности ионосферы). Вот почему о самых мощных вспышках на Солнце оперативно сообщают по радио и телевидению. Например, в конце июля 2002 г. радиослушателей и зрителей телевизионных программ оповестили о двух очень больших вспышках на Солнце и передали рекомендации врачей о том, как должны вести себя люди с ослабленным здоровьем. О мощных вспышках на Солнце средства массовой информации неоднократно сообщали и в дальнейшем. Учащимся полезно объяснить, что, хотя вспышки на Солнце происходят довольно часто и сопровождаются резким увеличением скорости солнечного ветра (при невозмущенном Солнце она составляет 300—500 км/с) и более компактными плазменными выбросами вещества, лишь небольшая часть последних доходит к нам. Понятно, что это связано с тем, что Солнце далеко от нас, излучает во всех направлениях (а не только в направлении на Землю!), вспышки могут происходить с равной вероятностью и на стороне Солнца, которая не обращена в данное время к Земле.

Ограничившись этими общими замечаниями, обратимся к главному в § 21, где рассматриваются реальные перспективы использования экологически чистой солнечной энергии (гелиотехника), основные виды неоптического излучения Солнца (коротковолновое, радиоизлучение), а также общая постановка проблемы «Солнце — Земля» (показ конкретных геофизических проявлений солнечной активности и такое упоминание о крупнейших международных мероприятиях, как МГГ и МГСС).

Особенность изложения учебного материала состоит в том, что после введения понятия о данном типе переносчика (агента) излучения рассматриваются соответствующие проявления солнечной активности. Например, с коротковолновым излучением связано образование ионосферы, от состояния которой зависит осуществление дальней радиосвязи. Рассказывается в учебнике и об озоносфере (озоновом слое), предохраняющем нас от жесткого ультрафиолетового излучения, полезного только в небольших дозах (большие дозы вызывают ожоги, временную слепоту, поражение живых клеток, раковые заболевания). На стратосферных высотах, где воздух разрежен и атмосферное давление мало, толщина озоносферы должна достигать, по меньшей мере, нескольких километров (хотя эквивалентная толщина, соответствующая условиям на уровне моря, не превышает нескольких миллиметров). Сейчас

стало известно, что впервые явления, которые получили название озоновых дыр, открыты не в начале 80-х гг., а в конце 50-х гг. (в связи с исследованиями в Антарктиде в период МГГ). В феврале 1989 г. отмечалось 100-летие со дня рождения Гордона Добсона — английского специалиста по физике и химии атмосферы, основателя озонметрии. С помощью спектрофотометров системы Добсона британские метеорологи во время МГГ определяли содержание озона в стратосфере по количеству ультрафиолетового излучения, проникающего к поверхности Земли в различных диапазонах длин волн. Но в реальность открытия поверили лишь в начале 80-х гг. Проводились как наземные исследования, так и исследования с бортов американских самолетов — лабораторий, совершавших полеты на высотах свыше 20 тыс. км. Оказалось, что в полярных стратосферных облаках, состоящих из ледяных кристаллов, существуют условия, при которых проявляются озоноразрушающие свойства хлорфторуглеродов, образующихся в результате деятельности «морозильной промышленности», применения аэрозолей и т. п. Сейчас ясно, что, например, антарктическая озоновая дыра — явление сезонное, появляющееся там весной (преимущественно в сентябре). Озоновые дыры наблюдались и над другими областями земного шара. Чтобы через несколько десятилетий озоновый слой не разрушился, во многих странах мира, включая нашу, в соответствии с международным соглашением ограничиваются производства, пользующиеся или вырабатывающие хлорфторуглероды (их заменяют экологически безопасными). Исследования проблемы озоновых дыр продолжаются и в настоящее время (хлорфторуглероды являются, по-видимому, лишь одной (и, может быть, совсем не главной) причиной их возникновения; другие причины, возможно, обусловлены особенностями циркуляции воздуха в земной атмосфере, солнечной активностью и т. д.).

Говоря о корпускулярном излучении Солнца, необходимо сказать не только о солнечном ветре и связанными с ним магнитными бурями и полярными сияниями, но и о радиационных поясах Земли и магнитосфере Земли (о чем в общих чертах учащимся уже известно не только из предшествующих уроков астрономии, но и из курса физики).

Подчеркните, что комплексные исследования Солнца в международном масштабе продолжаются, разрабатываются проекты новых интересных космических экспериментов по исследованию Солнца, о которых постоянно информирует своих читателей журнал «Земля и Вселенная». Интересно, что недавно проведен космический эксперимент («Генезис») с целью захвата и доставки на Землю частиц солнечного ветра («Земля и Вселенная», 2005, № 1)! Конечно, на этом уроке нужно рассказать учащимся о мнимой и реальной угрозе, которую представляют собой даже самые высокие максимумы солнечной активности. Можно утверждать, что вопреки разного рода предсказаниям ничего катастро-

фического происходить в глобальном масштабе в такие годы не будет, но соблюдать некоторую осторожность полезно (например, чрезмерно не увлекаться загаром, особенно летом на юге).

## **Урок 22. Расстояния до звезд**

От изучения Солнца переходим к звездам. Нам предстоит объяснить учащимся, на каких расстояниях находятся звезды, какова их природа и какими бывают звезды — «обыкновенными» (одиночными, «спокойными», как Солнце) или «необыкновенными» (пульсирующими, взрывающимися), а также дать представление о двойных и кратных звездах. Начинаем, конечно, с урока, посвященного определению расстояний до звезд, на котором мы уже выходим далеко за пределы Солнечной системы и вступаем в мир звезд.

**I. Цель урока:** доказать, что даже ближайшие звезды находятся от нас на огромных расстояниях.

**II. Основная воспитательная идея.** Астрономия — древнейшая из наук о природе — всегда имела предметом своего изучения звезды, но только в XIX в. удалось определить расстояния до ближайших из них и резко раздвинуть границы познаваемой человеком Вселенной.

### **III. Комплексные задачи урока.**

#### *1. Доминирующие образовательные задачи:*

а) ввести понятия: паралактическое смещение звезд, годичный параллакс, парсек, килопарсек, мегапарсек, видимая звездная величина, абсолютная звездная величина;

б) продолжить формирование понятия «световой год»;

в) объяснить, что открытие паралактических смещений звезд доказывает справедливость учения Коперника о движении Земли вокруг Солнца;

г) продолжить работу с ПКЗН и ШАК;

д) продолжить формирование специальных и общенаучных навыков в процессе вывода формул и решения задач по астрономии, требующих от учащихся определенной математической подготовки.

#### *2. Доминирующие воспитательные задачи:*

а) способствовать формированию научного мировоззрения, переходя от рассмотрения Солнечной системы к рассмотрению далеких звезд;

б) способствовать эстетическому воспитанию учащихся, демонстрируя им изящность методов, позволяющих астрономам определять расстояния до звезд.

#### *3. Доминирующие задачи развития:*

а) развивать интеллект школьников и их познавательные способности, научив вычислять расстояния до звезд по их параллаксам и звездным величинам (видимой и абсолютной);

б) создавать эмоциональные ситуации при обсуждении впечатляющих результатов определения расстояний до звезд.

**IV. Структура урока:** комбинированный урок, включающий проверку усвоения основных сведений о Солнце и учебную лекцию, в ходе которой выводятся формулы (36) — (40) учебника.

**V. Учебное оборудование:** ПКЗН, ШАК, диафильм «Определение расстояний до небесных тел», таблицы из приложений в учебнике.

**VI. Межпредметные связи.** Урок проводится с опорой на знания учащихся по физике (освещенность) и математике (показательные уравнения, логарифмы).

**VII. План изложения нового материала:** а) определение расстояний до звезд по их годичному параллаксу; б) определение расстояний до звезд по их видимым и абсолютным звездным величинам.

**VIII. Задание на дом:** § 22. В-з. к § 22.

**IX. Анализ дидактического материала.** Желательно рассмотреть на уроке пример 8 из учебника, показывающий, как применяется формула (38), а также пример 9 (типовая задача на применение закона Погсона). В-з. к § 22 состоят из 6 вопросов-заданий, из которых В-з. № 1, 3, 4, 5\* требуют вычислений.

**В-з. № 3.** Сколько времени пришлось бы лететь к Проксиме Кентавра космическому кораблю, способному развить скорость 17 км/с?

<p><b>Дано:</b>  <math>v = 17 \text{ км/с}</math>  <math>\pi'' = 0,76''</math>  <math>t = ?</math></p>	<p><b>Решение:</b>          Вычислим расстояние до Проксимы Кентавра по формуле <math>r_{\text{пк}} = \frac{1}{\pi}</math>, тогда <math>r_{\text{пк}} = 1,3 \text{ пк}</math>.          Переведем расстояние в километры:  <math>r = 1,3 \text{ пк} = 4 \cdot 10^{13} \text{ км}</math>; <math>t = \frac{r}{v}</math>;  <math>t = \frac{4 \cdot 10^{13} \text{ км}}{17 \frac{\text{км}}{\text{с}}} = 2,35 \cdot 10^{12} \text{ с} = 74 \text{ 000 лет}</math>.</p>
--	--

**В-з. № 4.** Во сколько раз Сириус ярче Полярной звезды?

<p><b>Дано:</b>  <math>m_1 = -1,6^m</math>  <math>m_2 = +2,1^m</math>  <math>\frac{I_1}{I_2} = ?</math></p>	<p><b>Решение:</b>          Из таблицы (см. приложение в учебнике) найдем звездные величины Сириуса и Полярной звезды, а затем воспользуемся формулой (39):  <math>\frac{I_1}{I_2} = 2,512^{(m_2 - m_1)}</math>; <math>\lg \frac{I_1}{I_2} = (m_2 - m_1) \cdot \lg 2,512</math>;  <math>\lg \frac{I_1}{I_2} = 0,4 \cdot (2,1 + 1,6) = 1,48</math>; <math>\frac{I_1}{I_2} = 30</math>.</p>
---	---

**Ответ.** Сириус ярче Полярной звезды в 30 раз.

**Примечание.** Вычисление с применением логарифмов можно выполнить либо с помощью таблиц логарифмов, либо с помощью калькулятора, имеющего функцию  $\lg$ .

**В-з. № 5\*.** Экваториальные координаты яркой звезды  $\alpha = 18^{\text{h}}37^{\text{m}}$ ,  $\delta = +38^{\circ}47'$ . Какая это звезда? Вычислите расстояние до нее в парсеках, если известно, что видимая и абсолютная звездные величины соответственно равны  $0,1^{\text{m}}$  и  $0,5^{\text{m}}$ .

Д а н о:  
 $\alpha = 18^{\text{h}}37^{\text{m}}$   
 $\delta = +38^{\circ}47'$   
 $m = 0,1^{\text{m}}$   
 $M = 0,5^{\text{m}}$

$r = ?$

Р е ш е н и е:

Зная экваториальные координаты, по таблице из приложения учебника находим, что это Вега ( $\alpha$  Лиры). По формуле (41) учебника находим:

$$\lg r = \frac{m - M + 5}{5};$$

$$\lg r = 0,92; r = 8,3 \text{ пк} \approx 27 \text{ св. лет.}$$

**Х. Методические рекомендации.** В кратком введении рассказываем о том, что мы переходим от сферы неподвижных звезд к пространственному распределению звезд и их перемещениям в пространстве. Для этого прежде всего нужно уметь определять расстояния до звезд (тогда выяснится, как на самом деле далеки от нас звезды, находящиеся от нас на различных расстояниях) и скорости их движения в пространстве (этим мы займемся на следующем уроке).

В § 22.1 объясняется, что для измерения расстояний до ближайших звезд требуется в течение года определять параллактическое смещение звезды, обусловленное тем, что мы наблюдаем звезды с Земли, обращающейся вокруг Солнца (доказательство движения Земли вокруг Солнца!).

Формула (37) учебника сходна с формулой (20), что облегчает ее восприятие учащимися. При переходе от астрономических единиц к парсекам, используя формулу (38), полезно еще раз подчеркнуть фундаментальную роль астрономической единицы.

Если в § 22.1 рассматривается метод определения расстояний до близких звезд по годовому параллаксу, то в § 22.2 выводится более универсальная формула (41).

Предварительно вводятся понятия «видимая звездная величина», «абсолютная звездная величина», а затем выводятся формулы (39) и (40).

Вопрос о необходимости давать на уроке формулы (39) и (40) должен решить учитель, исходя из подготовки своих учеников по математике. Если ясно, что математические выкладки и формулы будут учащимся малодоступны и ни в коей мере их не заинтересуют, то придется ограничиться общим замечанием о том, что, кроме метода определения расстояний до звезд по годовому параллаксу, существуют и другие методы. При этом, конечно, надо подчеркнуть, что совпадение результатов определения расстояний до звезд свидетельствует, что мы определяем их правильно.

## Урок 23. Пространственные скорости звезд

При изучении основ сферической и практической астрономии (тема «Введение в астрономию») мы достаточно широко применяли понятие «небесная сфера». Но в определении небесной сферы подчеркивалось, что речь идет о воображаемой сфере, которую придумали для удобства изучения звездного неба, угловых измерений и т. д. В геоцентрической и гелиоцентрической системах мира мы встречались и с понятием «сфера неподвижных звезд», к которой творцы этих систем мира «прикрепляли» звезды. А поскольку небесный свод вращается как целое и взаимное расположение звезд не изменяется (на протяжении тысячелетий остаются практически одинаковыми фигуры созвездий), легко было поверить в реальность «тверди небесной». Своей гениальной догадкой о том, что звезды — это далекие солнца, Джордано Бруно раздвинул «границы небес», но лишь спустя века астрономы научились измерять расстояния до звезд, улавливать их перемещения на небесной сфере и определять скорости, с которыми на самом деле движутся звезды. Изучив на прошлом уроке методы определения расстояний до звезд, мы на данном уроке рассмотрим ряд вопросов, связанных с новым для учащихся понятием «пространственная скорость звезды».

**I. Цель урока:** объяснить учащимся, что такое пространственная скорость звезды.

**II. Основная воспитательная идея.** Не существует никакой «тверди небесной», и звезды, находящиеся от нас на разных (причем очень больших) расстояниях, движутся в пространстве, и можно точно определить вектор скорости той или иной звезды.

### III. Комплексные задачи урока.

#### 1. Доминирующие образовательные задачи:

а) ввести новые понятия: пространственная скорость звезды, тангенциальная скорость звезды, лучевая скорость звезды, собственное движение звезды, эффект Доплера;

б) продолжить формирование понятий: небесная сфера, годичный параллакс звезды, спектральная линия;

в) продолжить формирование специфических и общенаучных навыков (вывод формул, применение их для решения задач, работа со справочными таблицами, ШАК и т. д.).

2. Доминирующая воспитательная задача: способствовать формированию научного мировоззрения, знакомя учащихся с движением звезд в пространстве.

#### 3. Доминирующие задачи развития:

а) способствовать интеллектуальному развитию учащихся, их познавательных интересов и способностей, анализируя вместе со школьниками проблемную ситуацию: «Как узнать, в каком направлении и с какой скоростью движется звезда?»;

б) постараться все-таки удивить учащихся тем, что «неподвижные» звезды на самом деле мчатся в пространстве со скоростями, достигающими десятков километров в секунду.

**IV. Структура урока.** Комбинированный урок, в начале которого полезно провести небольшой фронтальный опрос (или проверочную работу) с целью выяснить, как усвоили учащиеся сущность методов определения расстояний до звезд, а затем учебная лекция.

**V. Учебное оборудование:** ПКЗН, ШАК.

**VI. Межпредметные связи:** математика (теорема Пифагора, навыки алгебраических преобразований и выполнения вычислений), физика (спектр, спектральные линии, сложение векторов скоростей, модули скоростей, скорость света, волновая природа света).

**VII. План изложения нового материала:** а) введение; б)\* собственные движения и тангенциальные скорости звезд; в) эффект Доплера и определение лучевых скоростей.

**VIII. Задание на дом:** § 23. В-з. к § 23.

**IX. Анализ дидактического материала.** В В-з. § 23 включено 6 заданий, в том числе В-з. № 6\*, которое мы и рассмотрим.

**В-з. № 6.** Вычислите пространственную скорость Альдебарана, зная, что параллакс этой звезды  $0,05''$ , собственное движение  $0,2''$ , лучевая скорость  $+54$  км/с.

<p>Д а н о:</p> <p><math>\pi = 0,05''</math></p> <p><math>\mu = 0,2''</math></p> <p><math>v_r = 54</math> км/с</p> <p><math>v - ?</math></p>	<p>Р е ш е н и е:</p> <p>По формуле (42) учебника</p> $v = \sqrt{v_\tau^2 + v_r^2}.$ <p>Для нахождения <math>v_\tau</math> воспользуемся формулой (43):</p> $v_\tau = 4,77 \frac{\mu}{\pi}; v_\tau \approx 19 \frac{\text{км}}{\text{с}};$ $v = \sqrt{361 + 2916} \approx 58 \frac{\text{км}}{\text{с}}.$
--	---

**X. Методические рекомендации.** Несмотря на большую мировоззренческую познавательную ценность изучения вопросов, связанных с темой «Пространственные скорости звезд», автор не настаивает на необходимости излагать учебный материал столь подробно, как это сделано в учебнике. Учащимся, углубленно изучающим физику и математику, все будет понятно и интересно, а остальным нет (усваивая формулы, они могут упустить саму суть урока). Поэтому, предоставляя учителю самому определить, как именно излагать материал своим ученикам, остановимся на том, как данная тема раскрыта в учебнике.

В введении к § 23 подчеркивается, что он является логическим продолжением предыдущего (ведь мы хотим доказать, что не существуют ни «сферы звезд», ни «неподвижных» звезд). Здесь же даются понятия «пространственная скорость», «тангенциальная скорость» и «лучевая скорость», а также формула (42) для модуля пространственной скорости.



В § 23.1\* дается понятие о собственном движении звезды (угловое перемещение звезды на небесной сфере за год), сообщается о звезде Барнарда (летающая Барнарда) и выводится формула (43), по которой можно вычислить тангенциальную скорость звезды, зная ее собственное движение. Но так как формула не является обязательной для всех учащихся, то в учебнике не дан рисунок, поясняющий ее вывод. (Однако выполнить его несложно. На нем нужно, основываясь на рисунках 80 и 81 учебника, показать годичный параллакс звезды, ее собственное движение, расстояние до звезды и большую полуось земной орбиты.)

Не случайно только § 23.1\* отмечен звездочкой, хотя и следующий раздел параграфа достаточно труден. Дело в том, что в § 23.2 дается понятие об эффекте Доплера и определении лучевых скоростей, а это необходимо для более глубокого понимания следующего материала (спектрально-двойные звезды, цефеиды, закон Хаббла).

В § 23.2 прежде всего дается понятие об эффекте Доплера, который, как известно, проявляется не только в оптике и радиодиапазоне, но и в акустике (вспомните восприятие гудка приближающегося и удаляющегося поезда). Далее объясняется, почему мы наблюдаем изменение частоты излучения движущегося источника (здесь либо приходится предполагать, что учащиеся имеют хотя бы самое общее представление о волновой природе света, либо сообщить им об этом). А затем выводится формула (44) для вычисления лучевой скорости и объясняется, что нужно знать, чтобы определить лучевую скорость звезды.

## **Урок 24. Физическая природа звезд**

**I. Цель урока:** изучить основные физические характеристики звезд (сравнивая их с физическими характеристиками Солнца).

**II. Основная воспитательная идея:** звезды («главные небесные тела Вселенной») — это далекие солнца.

### **III. Комплексные задачи урока.**

#### *1. Доминирующие образовательные задачи:*

а) ввести понятия: цвет звезды, горячие и холодные звезды, спектральный класс, звезды-гиганты, сверхгиганты, карлики, белые карлики;

б) продолжить формирование понятий: химический состав, плотность, температура, светимость и масса звезды;

в) объяснить связь между цветом звезды и ее температурой;

г) продолжить изучение звездного неба (самостоятельные наблюдения, которые проводят учащиеся, руководствуясь полученными от учителя инструкциями).

#### *2. Доминирующие воспитательные задачи:*

а) акцентировать внимание учащихся на развитии представлений о звездах (от «серебряных гвоздиков, вбитых в небесный свод», до небесных тел, подобных по своей природе нашему Солнцу);

б) способствовать формированию мировоззрения учащихся на основе сообщения им научной информации о природе звезд.

**3. Доминирующие задачи развития:**

а) учащиеся должны не только усвоить, что звезды — это далекие солнца, но и получить представление о многообразии мира звезд (пока что на примере «обычных», стационарных звезд);

б) не упустить возможность использовать вполне естественную проблемную ситуацию: если даже в крупные телескопы звезды (в отличие от небесных тел Солнечной системы) видны как точечные объекты, то как же удалось узнать об их природе и определить различные физические характеристики;

в) для развития эмоций приводить примеры (и сравнения), поясняющие, как различаются звезды по своим размерам, светимости, средним плотностям и т. д.;

г) подчеркнуть, что исследование звезд необходимо для более глубокого познания Солнца — самой близкой к нам и самой важной для нас звезды.

**IV. Структура урока, основные варианты проверки пройденного материала и изложения нового материала:** фронтальный опрос или небольшая проверочная работа, учебная лекция, просмотр и обсуждение кинофильма (видеофильма) о звездах, небольшие выступления учащихся с реферативными сообщениями о тех или иных физических характеристиках звезд.

**V. Учебное оборудование:** наглядные таблицы, ПКЗН, ШАК, диафильмы «Природа звезд», «Звезды и межзвездная среда», рабочая тетрадь-альбом «Астрономия, 11».

**VI. Межпредметные связи:** природоведение и физическая география (первоначальные сведения о звездах), физика (спектры, зависимость цвета раскаленного металла от его температуры), математика (вывод формул, умение выполнять алгебраические преобразования, логарифмировать, пользоваться логарифмическими таблицами и калькуляторами).

**VII. План изложения нового материала:** а) цвет и температура звезд; б) спектры и химический состав звезд; в) светимость звезд; г) радиусы звезд; д) массы звезд; е) средние плотности звезд.

**VIII. Задание на дом:** § 24. В-з. к § 24.

**IX. Анализ дидактического материала.** Примерные вопросы для проверки усвоения изученного материала содержатся в В-з. к § 22 и 23, хотя, конечно, учитель может использовать другие формулировки вопросов (тестов) — свои собственные или заимствованные из сборников дидактических материалов. Желательно рассмотреть на уроке типовую задачу (пример 11), чтобы дать учащимся представление об одном из способов вычисления светимости звезд.

В В-з. к § 24 всего 5 вопросов-заданий, из которых лишь одно (№ 5) может оказаться трудным для некоторых учащихся.

**В-з. № 5.** Какова светимость звезды, принадлежащей к тому же спектральному классу, что и Солнце, но радиус у которой в 25 раз больше, чем у Солнца?

**Решение.** По формуле (45) учебника  $L = 4\pi R^2 \sigma T^4$ .

Так как звезда принадлежит к тому же спектральному классу, что и Солнце, у нее  $T = T_{\odot}$ . Следовательно, светимость будет зависеть только от радиуса  $L \sim R^2$ .

Тогда  $L \sim 25^2 = 625$ , т. е. светимость звезды, у которой радиус больше солнечного в 25 раз, в 625 раз больше, чем у Солнца.

**Х. Методические рекомендации.** Начиная с этого урока, мы будем изучать различные типы звезд, физические характеристики которых сравниваем с физическими характеристиками Солнца. Начнем с вопроса о цвете звезд. В § 24.1 подчеркивается различие звезд по цвету (в этом учащиеся могут убедиться во время наблюдений звездного неба!) и, следовательно, температурам поверхностей (от  $2 \cdot 10^3 - 3 \cdot 10^3$  К до  $10^5$  К), отмечается, что это температуры поверхностей звезд, а в их недрах не ниже  $10^7$  К (в противном случае там не будут происходить термоядерные реакции).

В § 24.2 содержится материал, позволяющий познакомить учащихся со спектрами, спектральными классами и химическим составом атмосферы звезд. Указывается, что разнообразие звездных спектров объясняется прежде всего тем, что температуры фотосфер звезд различны (и, следовательно, различны физические условия, в которых формируется излучение атомов).

В разделе о светимостях звезд (§ 24.3) имеются формулы (45) — (47), позволяющие решать задачи на светимости звезд. Обратите внимание на то, что формулы (45) и (47) — примеры двух способов определения светимостей звезд, и предложите учащимся выяснить, каковы они.

Затем рассказываем о радиусах, массах и средних плотностях звезд.

В § 24 (4—6) вводятся такие понятия, как «сверхгиганты», «гиганты» и «карлики» (последние бывают не только белыми, но и, например, коричневыми).

Инструктируя учащихся по поводу домашнего задания, нужно, во-первых, еще раз обратить их внимание на пределы, в которых заключены значения радиусов, масс, светимостей, температур и средних плотностей звезд. Во-вторых, на распространенность водорода и гелия. В-третьих, сейчас едва ли полезно настаивать на том, что Солнце — рядовая звезда. Хотя действительно Солнце по своим физическим характеристикам ничем особенным не выделяется среди других звезд, но, как уже отмечалось выше, точные «двойники» Солнца пока не обнаружены (подробнее об этом см. статью о «двойниках» звезд в журнале «Земля и Вселенная» 1988 г., № 1).

## Урок 25. Связь между физическими характеристиками звезд

**I. Цель урока:** объяснить, как связаны между собой спектр (температура) и светимость (абсолютная звездная величина), масса и светимость звезд.

**II. Основная воспитательная идея.** Исследования, казалось бы, различных физических характеристик звезд привели к обнаружению связи между ними (что, как мы увидим дальше, позволяет строить модели эволюции звезд разных типов).

### III. Комплексные задачи урока.

1. *Доминирующие образовательные задачи:*

а) ввести новые понятия: диаграмма Герцшпрунга — Рессела, диаграмма «масса — светимость», вращение звезд, главная последовательность на диаграмме Герцшпрунга — Рессела;

б) продолжить формирование понятий: спектральный класс, светимость, абсолютная звездная величина, масса и температура звезд;

в) продолжить формирование специальных и общенаучных навыков, обучая работе с новыми для учащихся диаграммами.

2. *Доминирующие воспитательные задачи:*

а) способствовать формированию мировоззрения учащихся, знакомя их с закономерностями в мире звезд;

б) способствовать эстетическому воспитанию, демонстрируя им неожиданность, красоту, простоту и эвристическую ценность изучаемых на данном уроке закономерностей в мире звезд.

3. *Доминирующая задача развития:* способствовать интеллектуальному развитию познавательных интересов и способностей учащихся, показывая им, как на основе сбора научных фактов, которые накопила звездная астрофизика, были открыты такие важные соотношения, как «спектр — светимость» и «масса — светимость».

**IV. Структура урока,** основные методы проверки усвоения материала предыдущих уроков и объяснения нового материала: фронтальный опрос (устный или письменный с применением тестов), учебная лекция.

**V. Учебное оборудование:** наглядная таблица, диафильм «Природа звезд», фрагменты из кинофильма (видеофильма) о природе звезд, рабочая тетрадь-альбом «Астрономия, 11».

**VI. Межпредметные связи.** Объяснение нового материала проводим на основе знаний и умений, приобретенных учащимися в курсах физики и математики.

**VII. План изложения нового материала:** а) диаграмма «спектр — светимость»; б) соотношение «масса — светимость»; в)\* вращение звезд различных спектральных классов.

**VIII. Задание на дом:** § 25. В-з. к § 25.

**IX. Анализ дидактического материала.** В-з. к § 25 включают 7 вопросов-заданий, в основном представляющих собой качест-

венные задачи, решаемые с помощью диаграмм Г—Р и «масса — светимость».

Приведем ответы на В-з. № 2.

*Вопрос.* Чем интересна диаграмма «спектр — светимость»?

*Ответ.* Диаграмма «спектр — светимость» показывает, что существуют физические закономерности в мире звезд.

*Вопрос.* а) Существуют ли звезды спектрального класса А с абсолютной звездной величиной, равной  $+4^m$ ?

*Ответ.* Из диаграммы «спектр — светимость» видно, что такие звезды существуют (белые карлики).

*Вопрос.* б) Может ли светимость звезды спектрального класса В превышать светимость Солнца в 10 000 раз?

*Ответ.* Рассматривая диаграмму Г—Р, находим, что звезды спектрального класса В в верхней части главной последовательности имеют светимости, превышающие светимость Солнца в десятки тысяч раз.

*Вопрос.* в) Существуют ли звезды, светимость которых в 100 раз меньше светимости Солнца, а температура около 30 000 К?

*Ответ.* Судя по диаграмме Г—Р, таких звезд нет.

**Х. Методические рекомендации.** Данный урок является логическим продолжением предыдущего (там учащиеся познакомились с важнейшими характеристиками звезд, а здесь — с соотношениями между этими физическими характеристиками) и подготовкой к изучению эволюции звезд.

Надо обратить внимание учащихся на то, что речь идет об эмпирических закономерностях, непосредственно вытекающих из анализа наблюдений (именно наблюдаемые закономерности должна объяснить теория эволюции звезд; § 31 учебника). Материал учебника вполне достаточен для объяснения диаграмм «спектр — светимость» и «масса — светимость», которые должны быть перед учащимися (их можно, например, спроецировать на экран с помощью эпидиаскопа или графопроектора, а еще проще демонстрировать соответствующую наглядную таблицу).

Дополнительная информация о закономерностях в мире звезд (вращение звезд различных спектральных классов) содержится в § 25.3\*, отмеченном звездочкой.

## Урок 26. Двойные звезды

**I. Цель урока:** знакомя учащихся с двойными звездами, сформировать у них представление о методах определения масс звезд.

**II. Основная воспитательная идея.** Даже с помощью бинокля или школьного телескопа можно обнаружить, что некоторые звезды, кажущиеся нам одиночными, являются двойными или даже кратными (причем в мире звезд «двойственность» весьма распространена).

### **III. Комплексные задачи урока:**

#### *1. Доминирующие образовательные задачи:*

а) ввести понятия: двойная звезда (оптическая двойная или визуальная двойная, спектрально-двойная), затменная двойная звезда (ее кривая блеска, период, амплитуда), компоненты двойной звезды;

б) продолжить изучение физических характеристик звезд, включая важнейшую из них — массу звезды;

в) объяснить сущность метода определения масс звезд на основе обобщенного третьего закона Кеплера;

г) показать, как интерпретируется кривая блеска затменной двойной звезды и как по этой кривой определяются период и изменение блеска такой звезды.

#### *2. Доминирующие воспитательные задачи:*

а) напоминаем учащимся, что размеры (и средние плотности звезд) изменяются в широких, а массы — в ограниченных пределах (одна из закономерностей, открытая в мире звезд);

б) подчеркнуть, что Солнце — одиночная звезда, вокруг которой обращаются планеты, астероиды и кометы (хотя еще недавно обсуждалась гипотеза о том, что Солнце — двойная звезда, ее второй компонент не удалось найти, а искали его на очень большом расстоянии от Солнца);

в) отметить, что открытие двойных звезд астрономы успешно используют для определения не только масс, но и размеров звезд;

г) подчеркнуть, что масса — это важнейшая физическая характеристика звезды, она связана со светимостью звезды, от нее, как мы потом узнаем, зависит темп и характер эволюции звезды;

д) обосновать идею о всемирности закона тяготения Ньютона (и законов Кеплера);

е) упомянуть о том, что именно в системах двойных звезд уже открыты черные дыры (!).

#### *3. Доминирующие задачи развития:*

а) добиться, чтобы учащиеся усвоили главное — существуют методы, с помощью которых можно измерить (определить радиусы) и «взвесить» звезды (определить их массы);

б) продолжить формирование умения работать с иллюстрациями учебника;

в) использовать возможность создания эмоциональной ситуации, объяснив учащимся, что они теперь могут «взвешивать» звезды;

г) учащимся, интересующимся астрономией, предложить подготовить рефераты о двойных звездах.

**IV. Структура урока, основные методы проверки усвоения материала предыдущих уроков и объяснения нового материала:** фронтальный опрос, учебная лекция.

**V. Учебное оборудование:** фильм «Звезды и межзвездная среда», наглядная таблица, ПКЗН, ШАК, фрагменты о двойных звездах из учебного кинофильма (видеофильма).

**VI. Межпредметные связи:** физика (ньютоновская теория тяготения), математика (вывод формул и выполнение расчетов).

**VII. План изложения нового материала:** а) оптические двойные и физические двойные звезды; б) определение масс звезд из наблюдений двойных звезд; в)\* невидимые спутники звезд.

**VIII. Задание на дом:** § 26. В-з. к § 26.

**IX. Анализ дидактического материала.** Рассмотрение на уроке примера 12 поможет учащимся справиться с домашним заданием (В-з. к § 26). В нем есть довольно трудные задачи (В-з. № 1\*, 3, 4\*).

**В-з. № 1\*.** Пусть из наблюдений двойной звезды удалось определить угловое расстояние между компонентами ( $\alpha$ ) и годичный параллакс ( $\pi$ ) в секундах дуги. Докажите, что большую полуось орбиты двойной звезды ( $A$ ) можно вычислить по формуле (49).

**Решение.** Для решения этой задачи построим чертеж, взяв за основу рисунок 80 учебника и дополнив его орбитой двойной звезды, которая видна с Земли под углом  $\alpha$ , и ее большой полуосью  $A$ . Рассматривая два почти прямоугольных треугольника с одной общей стороной ( $r$  — расстояние до звезды) и учитывая, что углы  $\alpha$  и  $\pi$  очень малы, находим:

$$\alpha = \frac{A}{r}; \quad \pi = \frac{a}{r}.$$

Принимаем  $a = 1$  и получаем искомую формулу  $A = \frac{\alpha}{\pi}$ .

**В-з. № 3.** Радиус звезды Бетельгейзе ( $\alpha$  Ориона) примерно в 400 раз больше радиуса Солнца. Изобразите (в масштабе) три пары небесных тел: Бетельгейзе и Солнце, Солнце и Землю, Землю и Луну.

**Решение.** Если представить себе Бетельгейзе в виде шарика диаметром 4 см, то Солнце будет иметь диаметр 0,01 см; если Солнце представить в виде шарика диаметром 9 см, то Земля будет иметь диаметр 0,08 см; если Землю представить в виде шарика диаметром 8 см, то Луна будет иметь диаметр 2 см.

**В-з. № 4\*.** Вычислите сумму масс двойной звезды  $\alpha$  Кентавра ( $\pi \approx 0,76''$ ), если спутник, находящийся от главной звезды на расстоянии 17,65'', имеет период обращения около 80 лет.

Что нужно знать, чтобы вычислить массу каждого из компонентов в отдельности?

Дано:  
 $\pi \approx 0,76''$   
 $\alpha \approx 17,65''$   
 $P = 80$  лет  
 $(M_1 + M_2) = ?$

Решение:

$$M_1 + M_2 = \frac{\alpha^3}{\pi^3 P^2} \text{ (в массах Солнца);}$$

$$M_1 + M_2 = \frac{(17,65'')^3}{(0,76'')^3 (80 \text{ лет})^2} = 1,96 M_{\odot} \approx 2 M_{\odot}.$$

Для того чтобы определить массу каждого компонента, надо знать отношение их расстояний от центра масс системы ( $A_1$  и  $A_2$ ):

$$\frac{M_1}{M_2} = \frac{A_2}{A_1} \text{ (обратная зависимость).}$$

**Х. Методические рекомендации.** Данный урок в значительной степени является продолжением предыдущего, так как на нем продолжается изучение физических характеристик звезд, причем таких важных, как радиус, масса и средняя плотность. По сути дела, чтобы объяснить метод определения масс звезд, мы знакомим учащихся с двойными звездами. Таким образом, само по себе важное понятие о двойных звездах, интерес к которым в последние десятилетия возрос в связи с поиском компактных объектов (нейтронные звезды, черные дыры), играет в этом уроке как бы вспомогательную роль. Однако двойных звезд очень много (возможно, не менее половины звезд входит в двойные или кратные системы). Следовательно, двойственность звезд можно рассматривать в качестве одной из физических характеристик звезд. Напомним, что недавно некоторые астрономы рассматривали гипотезу о том, что наше Солнце тоже входит в состав двойной системы, второй компонент которой представляет собой звезду-карлик (приводились возможные параметры орбиты этой звезды, получившей название «Немезида»: период обращения — порядка 30 млн лет, большая полуось —  $10^5$  а. е.). Поэтому о двойных звездах необходимо дать учащимся достаточно четкое представление. Чтобы пояснить, что такое спектрально-двойные звезды, напомним и об эффекте Доплера. При этом учитель будет, конечно, опираться на материал учебника.

Материал § 26 содержит три раздела: в первом рассматриваются оптические двойные и физические двойные звезды разных типов (спектрально-двойные, затменные двойные), во втором — метод определения масс звезд, в третьем (дополнительном) — невидимые спутники звезд.

В § 26.1 понятие о физических двойных звездах дается на примере Мицара и Алькора. Здесь необходимо сделать следующие уточнения. Во-первых, желательно более четко сформулировать, что такое оптические двойные звезды (пара звезд, случайно проецирующихся рядом на небесную сферу, хотя в пространстве их разделяют огромные расстояния и они не образуют систему звезд, связанных силами тяготения) и что такое физические двойные звезды. Во-вторых, нужно опустить фразу на с. 142 (в первых изданиях учебника!), начинающуюся со слов «это пример оптической двойной звезды...», поскольку, несмотря на огромное расстояние между Мицаром и Алькором, все-таки считается доказанным, что это физическая двойная система, так называемая широкая пара. Самая близкая к нам звезда  $\alpha$  Центавра (Кентавра), скорее всего, не двойная, а тройная: звезды Талиман А и Талиман В, образующие довольно тесную физическую систему, и звезда Проксима (что означает «ближайшая»), обращающаяся вокруг А и В на огромном расстоянии (подробнее об этом см. статью в «Звездочете», 2001, № 8, на основе которой учащиеся могут подготовить интересный реферат). О кратной (физической) системе можно рассказать на при-



мере Кастора, о затменных двойных (точнее, о затменных переменных) — на примере Алголя.

Из новых формул наиболее важная формула (50) учебника, и с ней связан пример 12.

Проблема невидимых спутников звезд (§ 26.3) интересна сейчас не только в связи с обнаружением невидимых звезд-карликов, но и с открытием планет более сотни других звезд («экзопланет»), что имеет, конечно, большое мировоззренческое значение и подтверждает гениальную догадку Джордано Бруно о том, что во Вселенной есть множество планетных систем.

## **Урок 27. Физические переменные, новые и сверхновые звезды**

**I. Цель урока:** показать учащимся, что во Вселенной наряду с небесными телами, эволюция которых происходит медленно и длится миллиарды лет (планеты и их спутники, Солнце и ему подобные звезды), существуют звезды, для которых характерны мощные нестационарные процессы (по масштабам во много раз превосходящие, например, солнечные вспышки, являющиеся исключительно мощными взрывными процессами в Солнечной системе).

**II. Основная воспитательная идея.** Все небесные тела эволюционируют (неизменных небесных тел не существует), но темп и характер эволюции у различных небесных тел (например, звезд) неодинаков.

### **III. Комплексные задачи урока.**

#### **1. Доминирующие образовательные задачи:**

а) ввести понятия: переменные звезды, физические переменные, цефеиды, звезды типа Миры Кита, неправильные звезды, новые и сверхновые, Крабовидная туманность, нейтронные звезды, пульсары;

б) продолжить формирование умения анализировать кривые блеска различных физических переменных звезд, а также новых и сверхновых;

в) продолжить формирование умения работать с книгой и приобретать расчетные навыки при решении задач;

г) заинтересовать учащихся наблюдениями переменных звезд ( $\beta$  Персея,  $\delta$  Цефея и др.).

#### **2. Доминирующие воспитательные задачи:**

а) объяснить, что Солнце не относится к типу взрывающихся звезд. Солнце будет еще многие миллиарды лет светить неизменно, а потому мы вправе сделать важный мировоззренческий вывод об антинаучной сущности пророчеств конца света вследствие грядущей гибели Солнца;

б) сравнить переменность блеска звезд и мерцание звезд (почувительное сравнение, выявляющее совершенно различные причины наблюдаемого изменения блеска звезд, поскольку мерца-

ние связано не с тем, что происходит на звездах, а лишь с явлениями, сопровождающими прохождение света звезды через земную атмосферу);

в) подчеркнуть, что открытие нейтронных звезд (ими, как известно, оказались пульсары) — одно из триумфальных достижений астрофизики (существование нейтронных звезд задолго до их открытия предсказали теоретики, в числе которых был академик Л. Д. Ландау), а сами нейтронные звезды — еще одно свидетельство того, что Вселенная как уникальная «физическая лаборатория» открывает необозримые перспективы для развития физики.

### 3. Доминирующие задачи развития:

а) использовать возможность создания эмоциональных ситуаций при ознакомлении учащихся с масштабами взрывов сверхновых звезд (эти звезды в древности считали звездами-«гостями»), а также с драматическим открытием первых пульсаров (излучение которых первоначально приняли за сигналы внеземных цивилизаций);

б) для развития познавательных интересов учащихся использовать данные о связи микро- и макромира на примере выяснения физического состояния, в котором находится вещество на нейтронных звездах, а также обратить внимание учащихся на регистрацию нейтринного и, возможно, гравитационного излучения от Сверхновой 1987;

в) информировать учащихся, интересующихся астрономией, о том, что любители астрономии (включая юных) проводят в нашей стране (и за рубежом) полезные для науки наблюдения переменных звезд.

**IV. Структура урока, доминирующие приемы и методы:** фронтальный опрос (или небольшая самостоятельная работа) по материалу предыдущих уроков; объяснение нового материала можно провести либо в форме учебной лекции, либо путем самостоятельной работы учащихся над текстом учебника, либо подготовив выступления любителей астрономии с одним-двумя рефератами по теме урока.

**V. Учебное оборудование:** фильмы «Звезды и межзвездная среда», «Пульсары и нейтронные звезды», наглядная таблица, фрагменты из кинофильма (видеофильма) и CD-ROM-диска, ПКЗН, ШАК, рабочая тетрадь-альбом «Астрономия, 11».

**VI. Межпредметные связи:** физика (спектры, строение атома), математика (анализ графической зависимости, вычисления, необходимые для решения задач).

**VII. План изложения нового материала:** а) введение; б) цефеиды; в)\* другие физические переменные звезды; г) новые и сверхновые звезды.

**VIII. Задание на дом:** § 27. В-з. к § 27; подготовиться к зачету (или к зачетному реферату), используя материал на с. 160—161 учебника («Что желательно знать, изучив тему „Солнце и звезды“» и «Что желательно уметь, изучив тему „Солнце и звезды“»).

**IX. Анализ дидактического материала.** Для проверки усвоения материала предыдущих уроков можно предложить учащимся следующие вопросы: что нужно знать, чтобы определить расстояние до звезды? Какие звезды называются гигантами, сверхгигантами, карликами? Какие единицы используются при измерении расстояний до звезд? Каковы наибольшие и наименьшие температуры фотосфер звезд? От чего зависят цвет и спектр звезды? Что такое двойные звезды? Как определяются массы звезд? Как вы докажете, что Солнце — рядовая звезда? (При желании нетрудно подготовить соответствующие тесты.)

В В-з. к § 27 включено 9 заданий, из которых мы рассмотрим В-з. № 1, 3, 4, 5\*, 6.

**В-з. № 1.** В чем принципиальное отличие физических переменных звезд от обычных?

**О т в е т.** У обычных звезд (типа нашего Солнца) физические характеристики (масса, размер, температура, светимость и т. д.) остаются практически неизменными, а у физических переменных они заметно изменяются.

**В-з. № 3.** Нередко цефеиды называют «маяками Вселенной». Почему?

**О т в е т.** Во-первых, цефеиды — это звезды-гиганты большой светимости и их удается наблюдать на огромных расстояниях от нас. Во-вторых, мы знаем, что имеется зависимость между периодом изменения блеска и светимостью: чем больше период, тем больше светимость (рис. 93 учебника). Определив из наблюдений период и видимый блеск цефеиды, вычисляют расстояние до нее (см. решение следующей задачи) и тем самым до звездной системы, в которой цефеида находится (поэтому цефеиды называют «маяками Вселенной»).

**В-з. № 4.** Каково расстояние до цефеиды, видимая звездная величина которой  $+12^m$ , а период колебаний блеска примерно  $4^d$ ?

<p><b>Д а н о:</b>  <math>P = 4^d</math>  <math>m = 12^m</math>  <math>r = ?</math></p>	<p><b>Р е ш е н и е:</b>          По графику на рисунке 93 учебника находим:  <math>M \approx -2^m</math>. Тогда по формуле (41) учебника получим  <math display="block">\lg r = \frac{m - M + 5}{5};</math> <math display="block">\lg r = 0,2 (12 + 2) + 1 = 3,8; r = 6,3 \text{ кпк.}</math></p>
---	--

**В-з. № 5\*.** Как должны периодически смещаться линии в спектре цефеид?

**О т в е т.** В соответствии с эффектом Доплера, когда цефеида «раздувается» и поверхность приближается к нам, в спектре звезды происходит смещение спектральных линий к фиолетовому концу, а когда звезда сжимается и ее поверхность удаляется от нас, происходит смещение спектральных линий к красному концу.

**В-з. № 6.** Во сколько раз возрастает блеск звезд, вспыхивающих как сверхновые?

<p>Д а н о:</p> $m_1 - m_2 = 19^m$ $\frac{I_2}{I_1} = ?$	<p>Р е ш е н и е:</p> $\frac{I_2}{I_1} = 2,512^{m_1 - m_2}; \lg \frac{I_2}{I_1} = 0,4(m_1 - m_2),$ <p>т. е. <math>\lg \frac{I_2}{I_1} = 7,6; \frac{I_2}{I_1} = 4 \cdot 10^7.</math></p> <p>Поэтому сверхновая в максимуме блеска может светить ярче, чем вся галактика, в которой она наблюдается.</p>
--	--

**Х. Методические рекомендации.** Главное, что должны усвоить учащиеся на уроке, — это то, что наше Солнце, несмотря на наблюдаемую на нем грануляцию, появление пятен, протуберанцев и даже вспышек (и возможные пульсации Солнца в целом!), представляет собой довольно «спокойную», стационарную звезду, так как во Вселенной есть нестационарные звезды, которые в огромных пределах (и за очень небольшие промежутки времени!) изменяют свои размеры и светимость, способны вспыхивать, взрывать. Пояснить, что стационарность звезд типа Солнца поддерживается равенством сил тяготения, стремящихся сжать звезду, и сил внутреннего давления плазмы, стремящихся ее взорвать (разорвать). Надо подчеркнуть, что нередко первооткрывателями новых и сверхновых звезд (как, впрочем, и комет, а также переменных звезд) бывают любители астрономии (пример — открытие вспышки новой звезды в конце августа 1975 г. в созвездии Лебедя). Нужно акцентировать внимание учащихся на условности названий «новые» и «сверхновые», а также пояснить, что причины изменения блеска этих звезд различны (сверхновые — это взрывающиеся звезды, а новые, являясь компонентами тесных двойных систем, вспыхивают в результате обмена вещества между звездами в этих системах).

Анализируя уроки, мы далеко не всегда напоминаем о том, что обязательно надо бы написать на доске (это учитель определит сам), но, например, в данном случае нужно записать тему и план урока, перечень вводимых понятий, названия классических переменных звезд ( $\delta$  Цефея, Мира Кита), домашнее задание (это и будет основой опорного конспекта данного урока).

Выделим главное в тексте § 27 учебника.

В § 27.1 рассматриваются цефеиды и подчеркивается роль этих пульсирующих звезд-гигантов в определении расстояний до далеких звездных систем по соотношению «период — светимость» (в основном с этим материалом связано большинство В-з. к § 27).

В дополнительном разделе (§ 27.3\*) на примере Мира Кита дается представление о других физических переменных звездах.

Явления в новых звездах и вспышки сверхновых рассматриваются в § 27.4. Этот очень интересный материал будет связан с § 28 и 31. Необходимые иллюстрации имеются, например, в диафильме «Пульсары и нейтронные звезды». Плотность нейтронных звезд удивительна (ведь ложка вещества такой звезды весила бы на Земле миллиарды тонн!).

Вспышка сверхновой *SN* 1987 относится к числу самых мощных. О сверхновых звездах можно написать даже специальный реферат, используя множество научно-популярных публикаций (см., например, «Земля и Вселенная», 1989 г., № 2).

## **II.5. Общая характеристика и варианты изучения темы «Строение и эволюция Вселенной»**

**I. Основное содержание:** а) наша Галактика; б) другие галактики; в) Метагалактика; г) происхождение и эволюция галактик, звезд и планет.

**II. Основная воспитательная идея.** Мы живем в расширяющейся Метагалактике, возможно, в одной из множества метагалактик («мини-вселенных») Большой Вселенной.

**III. Основные цели и задачи:** а) дать учащимся представление о современной астрономической картине мира, удивить грандиозностью мироздания и мощью человеческого разума, постигающего тайны строения и эволюции Вселенной; б) познакомить учащихся с научными основами проблемы «Внеземные цивилизации» и результатами поиска Жизни и Разума вне Земли (отметить при этом абсурдность уфологических «открытий», якобы свидетельствующих не только о реальности летающих тарелок, но и о прилетах в них гуманоидов, массовом посещении ими людей и т. д.).

**IV. Основная форма изучения материала:** учебная лекция (хотя материал заключительного раздела курса может достаточно эффективно изучаться в процессе обсуждения текста учебника, просмотра кино- и видеофрагментов, работы с учебными компьютерными программами и посещения лекций в планетариях).

**V. Основные задачи учащихся:** а) понять, что доступные невооруженному глазу звезды составляют ничтожную часть нашей Галактики — одной из множества галактик нашей Метагалактики; б) убедиться, что астрономия — стремительно развивающаяся наука, в которой благодаря новейшим средствам наблюдения и экспериментам непрерывно совершаются интереснейшие открытия, нередко имеющие фундаментальное значение для наших представлений об астрономической картине мира (нейтронные звезды, квазары, черные дыры, «темная материя», которая, быть

может, содержит более 95% массы Вселенной и лишь часть которой приходится на «скрытую массу»<sup>1</sup>).

**VI. Учебное оборудование:** диафильмы, кинофильмы (видеофильмы), наглядные таблицы, CD-ROM-диски, ПКЗН, ШАК, рабочая тетрадь-альбом «Астрономия, 11» (при изучении данного раздела курса наглядность приобретает исключительное значение, потому что прежде всего учащимся совершенно необходимо показать, как выглядят туманности, звездные скопления, галактики и т. д.).

**VII. Астрономические наблюдения.** Учащихся нужно заинтересовать самостоятельными наблюдениями звездного неба и Млечного Пути, а также наблюдениями в бинокль (телескоп) звездных скоплений, туманностей и галактики в Андромеде (М31).

**VIII.** Поскольку внегалактическая астрономия, космогония звезд и галактик относятся к числу интенсивно развивающихся областей астрономической науки, нужно заинтересовать учащихся проблемой непрерывного пополнения своих знаний (критическое восприятие сообщений о новостях науки в средствах массовой информации и ориентироваться в основном на публикации в научно-популярных журналах «Земля и Вселенная» и «Звездочет», в Интернете).

## Урок 28. Наша Галактика

**I. Цель урока:** дать представление учащимся о нашей Галактике.

**II. Основная воспитательная идея.** Галактика — это наш «звездный дом», звездная система, в которой Солнце — одна из сотен миллиардов (или даже триллиона) звезд, причем Солнце не находится в центре Галактики (сначала мы узнали, что живем не в центре Солнечной системы, а потом выяснили, что и не в центре Галактики).

**III. Комплексные задачи урока.**

1. *Доминирующие образовательные задачи:*

а) ввести понятия: Млечный Путь, наша Галактика (ее ядро, спиральные рукава), звездные скопления (рассеянные и шаровые), туманности (диффузные, планетарные и темные, в основном состоящие из пыли), вращение Галактики, радиоизлучение Галактики, апекс;

б) продолжить формирование понятий: диаграмма Г—Р (и ее главная последовательность), Крабовидная туманность, пульсары, космические лучи, магнитные и гравитационные поля, радионаблюдения, эффект Доплера.

<sup>1</sup> См., например, книгу Е. П. Левитана «Астрофизика школьникам» (М.: Просвещение, 1976), «Как открыли Вселенную?» («Аргументы и факты», 2004).

2. *Доминирующие воспитательные задачи:*

а) способствовать формированию мировоззрения учащихся, уточняя место человека во Вселенной (на уровне представлений о расположении в Галактике);

б) акцентировать внимание учащихся на следующем: подобно тому как Земля находится в «поясе жизни Солнечной системы», так и Солнце расположено в «поясе жизни Галактики» (вдали от ее опасного центра, где, возможно, скрывается массивная черная дыра);

в)\* содействовать эстетическому воспитанию учащихся, демонстрируя им фотографическую карту Млечного Пути (если, конечно, она окажется в распоряжении учителя).

3. *Доминирующие задачи развития:*

а) главное, что должно быть усвоено на уроке, — это то, что человек, живущий в Солнечной системе, которая находится внутри Галактики, сумел ее открыть и по сей день успешно продолжает исследовать ее структуру, состав и эволюцию;

б)\* способствовать развитию творчества учащихся, предлагая интересующимся астрономией изготовить наглядное пособие — модель Галактики из пенопласта.

**IV. Структура урока:** учебная лекция.

**V. Учебное оборудование:** учебный диафильм «Галактики», наглядные таблицы («Млечный Путь» и «Различные типы галактик»), фрагменты из кинофильма (видеофильма), демонстрационная и ученическая ПКЗН, ШАК, рабочая тетрадь-альбом «Астрономия, 11», компьютерные программы.

**VI. Межпредметные связи.** Объяснение нового материала проводим с опорой на знания учащихся по физике.

**VII. План изложения нового материала:** а) Млечный Путь; б) состав Галактики; в) строение Галактики; г)\* вращение Галактики; д)\* радиоизлучение Галактики.

**VIII. Задание на дом:** § 28. В-з. к § 28.

**IX. Анализ дидактического материала.** В-з. к § 28 включают 13 вопросов-заданий. Рассмотрим некоторые из входящих в него задач.

**В-з. № 6.** Сколько лет требуется лучу света, чтобы пересечь Галактику по диаметру?

**О т в е т.** Диаметр Галактики 30 000 пк. Поскольку 1 пк = 3,26 св. года и диаметр Галактики в световых годах равен 100 000, то соответственно свет пересекает ее за 100 000 лет.

**В-з. № 9.** Сравните следующие скорости космических движений: скорость движения Земли вокруг Солнца, скорость движения Солнца относительно ближайших звезд и скорость движения Солнца вокруг центра Галактики.

**О т в е т.** Скорость движения Земли вокруг Солнца 30 км/с, скорость движения Солнца относительно ближайших звезд 20 км/с (в направлении апекса), скорость движения Солнца относительно

центра Галактики 250 км/с, т. е. примерно в 8 раз больше орбитальной скорости Земли.

**В-з. № 10\*.** Солнце находится внутри облака нейтрального водорода с плотностью около 0,1 атома в  $1 \text{ см}^3$ . Сравните это число с числом частиц в воздухе при нормальном атмосферном давлении и в лучших вакуумных камерах, где  $10^{10}$  атомов приходится на  $1 \text{ см}^3$ .

<p><b>Д а н о:</b>  <math>n_1 = 0,1 \text{ см}^{-3}</math>  <math>n_2 = 3 \cdot 10^{19} \text{ см}^{-3}</math>  <math>n_3 = 10 \text{ см}^{-3}</math></p>	<p><b>Р е ш е н и е:</b>          Число частиц в воздухе (<math>n_2</math>) больше, чем в облаке нейтрального водорода, в <math>10^{20}</math> раз, а в вакуумных камерах больше всего в 100 млрд раз (<math>10^{11}</math>).</p>
<p>Сравните число частиц.</p>	

**В-з. № 11\*.** Определите расстояние до шарового скопления и размеры скопления, если известно, что: а) в нем находится цефеида, видимый блеск которой  $15,1^m$ , а абсолютная звездная величина  $0^m$ ; б) угловой диаметр скопления  $12'$ .

<p><b>Д а н о:</b>  <math>m = 15,1^m</math>  <math>M = 0^m</math>  <math>d = 12' = 720''</math></p>	<p><b>Р е ш е н и е:</b>          а) <math>\lg r = \frac{m + 5 - M}{5}</math>;  <math>\lg r = 4,02</math>, отсюда <math>r \approx 10</math> пк;          б)* размер скопления (его диаметр <math>D</math>) вычислим по простой формуле <math>D = \frac{r \cdot d''}{206\,265''}</math> (она без вывода приведена в § 29.1). Получим  <math>D = \frac{720'' \cdot 10\,000 \text{ пк}}{206\,265''} = 35 \text{ пк}</math>.</p>
<p><math>D - ?</math></p>	

**В-з. № 12.** Во сколько раз число звезд, входящих в Галактику, больше числа звезд, которые одновременно доступны наблюдению невооруженным глазом ( $3 \cdot 10^3$ )?

**Р е ш е н и е:**  $\frac{10^{12}}{3 \cdot 10^3} \approx 3 \cdot 10^8$  раз.

**В-з. № 13.** Считая, что население земного шара составляет  $6 \cdot 10^9$  человек, определите, сколько звезд Галактики приходится на каждого жителя нашей планеты.

**Р е ш е н и е:**  $\frac{10^{12}}{6 \cdot 10^9} \approx 160$ .

(Нужно ли при таком числе звезд, приходящихся сейчас на душу населения, «покупать» их у предприимчивых продавцов, успешно торгующих звездами в некоторых наших и зарубежных планетариях?!)

**Х. Методические рекомендации.** Формируя представление о нашей Галактике, необходимо подчеркнуть недостаточность определения Галактики как звездной системы (или «звездного острова»), поскольку в состав Галактики входят не только звезды. Следует заметить, что центр Галактики, скрытый от нас непрозрачными



пылевыми облаками и доступный наблюдениям в инфракрасном, радио-, рентгеновском и гамма-диапазонах, представляет собой одну из самых загадочных и достаточно близких от нас областей Вселенной.

В настоящее время накоплен огромный материал о нашей Галактике, из которого мы включаем в общеобразовательный курс астрономии только наиболее важное (в мировоззренческом и образовательном плане) и доступное (хотя бы в самом общем виде) пониманию учащихся. Это и нашло отражение в § 28 учебника, где, во-первых, в § 28.1 делается переход от вида Млечного Пути к понятию Галактики: Млечный Путь — проекция Галактики на небесную сферу (напомним, что при своих первых телескопических наблюдениях Галилей открыл, что Млечный Путь состоит из множества звезд); во-вторых, рассматривается состав Галактики — звезды, звездные скопления, туманности, космические лучи и магнитные поля (§ 28.2); в-третьих, приводятся основные данные о строении (§ 28.3) и вращении Галактики (§ 28.4 — материал, необязательный для всех). Кроме того, в дополнительном (§ 28.5\*) разделе рассматривается радиоизлучение Галактики. В целом § 28 позволяет создать у учащихся представление о Галактике, хотя сюда не вошли многие интересные астрофизические данные (в том числе современная классификация туманностей, включающая зоны H II и инфракрасные туманности; синхротронное излучение остатков сверхновых, гигантские молекулярные облака и др.). Поэтому в случае необходимости можно сделать некоторые дополнения и пояснения:

а) ядра планетарных туманностей — чрезвычайно горячие звезды (от 30 000 до 200 000 К), хотя их излучение в видимом диапазоне невелико;

б) не впервые в учебнике упоминается явление флуоресценции, а потому на уроке можно подчеркнуть, что речь идет о переработке ультрафиолетового излучения в кванты видимого излучения;

в) материя в межзвездном пространстве существует в виде разреженной пыли (поглощающей часть света от наблюдаемых нами далеких звезд), нейтрального и ионизованного газа, потоков элементарных частиц высоких энергий (космические лучи), гравитационных и магнитных полей;

г) в § 28.4\*, если учитель сочтет нужным излагать этот материал, можно опустить описание методики исследования вращения Галактики из анализа данных о лучевых скоростях звезд, ограничиваясь полученным выводом. А информацию о центре Галактики, как отмечено выше, необходимо дополнить, так как центр Галактики — одна из самых интересных и пока еще загадочных областей Галактики, где, возможно, сосредоточены не просто массивные звезды и их скопления, но и массивная «спящая» черная дыра, о наличии которой свидетельствует

наблюдаемое движение звезд вокруг центра Галактики с очень большими скоростями. Это сверхмассивная черная дыра (примерно  $3 \cdot 10^6 M_{\odot}$ ).

## Урок 29. Другие галактики

**I. Цель урока:** познакомить учащихся с миром галактик, в котором наша Галактика — одна из многих.

**II. Основная воспитательная идея.** От звезд, входящих, как и Солнце, в состав Галактики, мы переходим к представлению о существовании множества галактик (похожих или резко отличающихся от нашей).

### III. Комплексные задачи урока.

#### 1. Доминирующие образовательные задачи:

а) ввести новые понятия: другие галактики, внегалактическая астрономия, туманность Андромеды, обозначения галактик, эллиптические галактики, спиральные галактики, неправильные галактики, радиогалактики, активность ядер галактик, квазары;

б) продолжить формирование понятий: ядра галактик, килопарсек, мегапарсек, определение расстояний до небесных тел, созвездия, звезды-гиганты, определение размеров и масс небесных тел;

в) продолжить формирование специальных общенаучных умений и навыков, связанных с выводом формул, оценкой порядка различных физических характеристик и т. д.

#### 2. Доминирующие воспитательные задачи:

а) способствовать формированию мировоззрения учащихся, резко расширяя их пространственно-временные представления о строении Вселенной;

б) способствовать эстетическому воспитанию учащихся, демонстрируя впечатляющие фотографии различных галактик.

#### 3. Доминирующие задачи развития:

а) обогащать интеллект учащихся знанием основ внегалактической астрономии и представлениями об активности ядер радиогалактик;

б) создавать эмоциональные ситуации, сообщая о физических характеристиках галактик и квазаров (и конечно, о расстояниях до них);

в) содействовать развитию познавательных интересов и способностей учащихся, убеждая их в том, что имеющихся у них знаний по физике и математике достаточно, например, для того, чтобы самостоятельно вычислять размеры, массы галактик и т. д.

**IV. Структура урока:** комбинированный урок, включающий проверку усвоения прошлого урока и учебную лекцию.

**V. Учебное оборудование:** диафильмы «Галактики» и «Квазары», наглядная таблица, фрагменты из учебных кинофильмов (ви-

деофильмов) и компьютерных программ, ПКЗН, ШАК, рабочая тетрадь-альбом «Астрономия, 11».

**VI. Межпредметные связи:** физика (спектральные линии, эффект Доплера, радиоизлучение, взрывные процессы, специальная теория относительности и т. д.), математика (пространственные представления, умение выводить формулы и применять их для решения задач).

**VII. План изложения нового материала:** а) открытие других галактик; б) определение расстояний до галактик, их размеров и масс; в) многообразие галактик; г) радиогалактики и активность ядер галактик; д) квазары.

**VIII. Задание на дом:** § 29. В-з. к § 29.

**IX. Анализ дидактического материала.** Формула (51) учебника дается без вывода, но ее идея проста и известна учащимся: если мы знаем угловые размеры наблюдаемого объекта и расстояние до него, то линейные размеры вычисляются по формуле, аналогичной формуле (22). При вычислениях пользуемся известными приближенными математическими соотношениями  $\sin \alpha'' \approx \frac{\alpha}{206\,265''}$ , ко-

торые применимы при малых углах.

В-з. к § 29 состоят из 10 вопросов-заданий. Они не требуют вычислений и даны с целью закрепления основных вопросов темы данного урока. Звездочкой отмечен вопрос: как изменится результат (полученные из наблюдений расстояния до галактик), если учесть поглощение света, идущего к нам от галактик? Заметим, что о межзвездном поглощении света В. Я. Струве писал в «Этюдах звездной астрономии» еще в 1846 г., а затем в 1930 г. оно было окончательно установлено американским астрономом Р. Тремлером. Межзвездное поглощение увеличивает видимые звездные величины (уменьшается создаваемая звездами на Земле освещенность, т. е. уменьшается видимый блеск звезд, в том числе и цефеид), а в формулу (40) учебника вносится поправка  $A(r)$ , учитывающая поглощение света, пропорциональное расстоянию до звезды:

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

Поэтому расстояние до звезды, строго говоря, нужно вычислять по формуле

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

т. е. учет поглощения света приводит к получению меньших расстояний до цефеид (и до галактик, в которых они наблюдаются). Поправка на поглощение света (она выражается в звездных величинах) может быть значительна, а потому, не учитывая ее, даже в пределах Галактики можно ошибиться в несколько раз при определении расстояний до звезд.

**X. Методические рекомендации.** Чем больше мы расширяем кругозор учащихся, тем труднее им представлять себе совершен-

но новые для них объекты и явления, изучаемые на заключительных уроках астрономии. Поэтому повторяем, задача учителя состоит в том, чтобы, используя существующий богатый иллюстративный материал (от рисунков в учебнике до фотографий галактик на CD-ROM-дисках и в Интернете), наглядно показать учащимся то, о чем рассказывается на уроке.

Объяснение нового материала рекомендуем проводить, в основном придерживаясь § 29 учебника.

В § 29.1 отмечено, что для доказательства внегалактической природы некоторых туманностей понадобилось разрешить их на звезды и, открыв среди этих звезд цефеиды, удалось определить расстояния до этих туманностей (см. также В-з. № 9 к § 29).

В дополнительный раздел § 29.2\* включены две формулы для определения размеров и масс галактик (51) и (52), причем, как сказано выше, первую из них учащиеся при желании выведут самостоятельно.

При изложении вопроса о многообразии галактик (§ 29.3) даем представление о том, что галактики выглядят по-разному, называем два классических каталога галактик, рассказываем о трех основных типах галактик и приводим примеры эллиптических, спиральных, неправильных, а также взаимодействующих галактик. Полезно подчеркнуть, что изучение звезд, звездных скоплений и диффузной материи в других галактиках, и особенно в ближайших (например, в Магеллановых Облаках), позволяет существенно дополнить сведения об аналогичных объектах нашей Галактики.

Объясняя, что такое радиогалактики и активные ядра галактик (§ 29.4), приводим несколько примеров радиогалактик и перечисляем основные проявления активности галактических ядер. Пример радиогалактики — Лебедь А, на фотографии которой различимы два ядра, образование их, скорее всего, связано с мощным взрывом в центре этой галактики (но не исключается возможность того, что перед нами результат столкновения или даже «каннибализма» галактик!) <sup>1</sup>.

В § 29.5 содержится основная информация о «квазизвездных источниках радиоизлучения» — квазарах (открытие, расстояние до квазаров, излучение, масса, возможная природа этих самых далеких объектов Вселенной).

## Урок 30. Метагалактика

**I. Цель урока:** познакомить учащихся с иерархией систем во Вселенной, расширением Метагалактики и Большим взрывом

---

<sup>1</sup> В последние годы в научной и научно-популярной литературе можно встретить немало указаний на то, что «каннибализм» коснется и нашей Галактики, которая через миллиарды лет может столкнуться с Туманностью Андромеды.

(можно сказать, что эти открытия, сделанные в XX в., составляют основу **второй революции в астрономии**).

**II. Основная воспитательная идея.** Мы живем в расширяющейся эволюционирующей Вселенной (см., например, книги Е. П. Левитана «Эволюционирующая Вселенная» (М.: Просвещение, 1993) и «Физика Вселенной» (М.: УРСС, 2004)).

**III. Комплексные задачи урока.**

1. *Доминирующие образовательные задачи:*

а) ввести новые понятия: системы галактик (группы, скопления, сверхскопления), Местная группа галактик, Местное сверхскопление галактик, крупномасштабная ячеистая структура Вселенной, космология, однородность и изотропность Вселенной, «скрытая масса» и «темная материя», межгалактический газ, красное смещение, Метагалактика, постоянная Хаббла, расширение Метагалактики, возраст нашей Вселенной (Метагалактики), Большой взрыв, гипотеза «горячей Вселенной», реликтовое излучение, модели Вселенной, средняя плотность вещества во Вселенной, бесконечность и безграничность пространства Вселенной;

б) продолжить формирование понятий: галактики, единицы расстояний во внегалактической астрономии (мегапарсеки), Вселенная, эффект Доплера, лучевые скорости;

в) продолжить формирование специальных и общенаучных навыков, рассматривая идеализированные свойства Вселенной (однородность и изотропность), анализируя закон Хаббла и космологические модели Фридмана.

2. *Доминирующие воспитательные задачи:*

а) способствовать формированию мировоззрения учащихся, раскрывая перед ними современную картину строения и эволюции Вселенной и определяя в ней место Солнечной системы, Земли и Человека;

б) способствовать эстетическому воспитанию учащихся, акцентируя внимание на красоте картины мироздания, открывшейся современному человеку.

3. *Доминирующие задачи развития:*

а) способствовать развитию познавательных интересов и способностей учащихся, показывая им познаваемость мира на примере открытия и исследования Метагалактики;

б) способствовать интеллектуальному развитию учащихся, обогащая их знаниями из области космологии и показывая «ступени восхождения», по которым поднималась астрономия к вершинам современной релятивистской космологии;

в) создавать эмоциональные ситуации, знакомя учащихся с грандиозными пространственно-временными масштабами нашей Вселенной и драматической историей ее рождения (Большой взрыв).

**IV. Структура урока, доминирующие приемы и методы:** небольшая беседа по основным вопросам прошлого урока с целью акту-

ализации понятия «галактика», учебная лекция (с опорой на применение средств наглядности и интерес учащихся к фундаментальным проблемам физики).

**V. Учебное оборудование:** фильм «Что такое космология», фрагменты из учебных кинофильмов (видеофильмов) и компьютерных программ, демонстрационная ПКЗН, рабочая тетрадь-альбом «Астрономия, 11».

**VI. Межпредметные связи:** физика (как уже отмечалось выше, потребуется опираться на общую эрудицию учащихся в области физики и информировать их о сущности общей теории относительности Эйнштейна и вкладе А. А. Фридмана в ее развитие), математика (опора на умение учащихся анализировать формулы и графики — закон Хаббла и основные космологические модели).

**VII. План изложения нового материала:** а) системы галактик и крупномасштабная структура Вселенной; б) Метагалактика и ее расширение; в)\* гипотеза «горячей Вселенной»; г)\* космологические модели Вселенной.

**VIII. Задание на дом:** § 30 (1, 2, 3\*, 4\*). В-з. к § 30.

**IX. Анализ дидактического материала.** Изучая закон Хаббла, рассмотреть типовую задачу (пример 13), показывающую, как можно применить этот закон для определения расстояний до далеких галактик.

В-з. к § 30 содержат 11 вопросов-заданий, имеющих в основном репродуктивный (В-з. № 1, 2, 3, 7, 8\*) или творческий характер (В-з. № 4\*, 10, 11\*). Выполнение В-з. № 5 и 6 потребует несложных вычислений.

**В-з. № 5.** Сколько лет свет идет к нам от галактики, скорость удаления которой  $6 \cdot 10^4$  км/с?

<p>Дано:</p> $v = 6 \cdot 10^4$ $H = 70$ <hr style="border: 0; border-top: 1px solid black; margin: 5px 0;"/> <p><math>t = ?</math></p>	<p>Решение:</p> $v = Hr; r = \frac{v}{H};$ $r = \frac{6 \cdot 10^4 \frac{\text{км}}{\text{с}}}{70 \frac{\text{км}}{\text{с} \cdot \text{Мпк}}} \approx 0,9 \cdot 10^3 \text{ Мпк} \approx 3 \cdot 10^{22} \text{ км};$ $t = \frac{r}{c}; t = \frac{3 \cdot 10^{22} \frac{\text{км}}{\text{с}}}{3 \cdot 10^5 \frac{\text{км}}{\text{с}}} \approx 10^{17} \text{ с}.$ <p>Считая, что 1 год <math>\approx 3 \cdot 10^7</math> с, получим <math>t \approx 3 \cdot 10^9</math> лет.</p>
---	--

**В-з. № 6\*.** Вычислите, какими примерно будут: расстояние от Земли до Солнца, размер Солнечной системы, расстояние до ближайшей звезды, размер

Галактики и расстояние до далеких квазаров, если представить себе Солнце в виде шарика диаметром 1 см.

Дано:  
 $D = 1,4 \cdot 10^6$  км  
 $r_1 = 150 \cdot 10^6$  км  
 $r_2 = 150 \cdot 10^3$  а. е.  
 $\pi = 0,76''$   
 $r_4 = 10^5$  св. лет  
 $r_5 = 10^{10}$  св. лет

$r'_1$  — ?  
 $r'_2$  — ?  
 $r'_3$  — ?  
 $r'_4$  — ?  
 $r'_5$  — ?

Решение:

1. Если представить Солнце в виде шарика диаметром 1 см, то расстояние от Земли до Солнца в этом масштабе составит

$$r'_1 = \frac{1 \text{ см} \cdot 150 \cdot 10^6 \text{ км}}{1,4 \cdot 10^6 \text{ км}} = 107 \text{ см.}$$

2. Будем считать, что границы Солнечной системы простираются до кометного Облака Оорта, которое находится очень далеко от Солнца, скажем на расстоянии  $150 \cdot 10^3$  а. е., т. е. в  $150 \cdot 10^3$  раз дальше, чем Земля ( $150 \cdot 10^3$  а. е.), поэтому

$$r'_2 = 107 \text{ см} \cdot 150 \cdot 10^3 = 1,6 \cdot 10^7 \text{ см} = 160 \text{ км.}$$

3. В § 22.1 (с. 128) дан годичный параллакс  $\pi$  ближайшей к нам звезды (Проксима Кентавра).

Поэтому  $r_3 = \frac{1}{\pi} = 1,3 \text{ пк} \approx 4,3 \text{ св. года.}$

Следовательно,  $r_3 \approx 4 \cdot 10^{13}$  км, и тогда получим

$$r'_3 = \frac{1 \text{ см} \cdot 4 \cdot 10^{13} \text{ км}}{1,3 \cdot 10^6 \text{ км}} \approx 3 \cdot 10^7 \text{ см} = 3 \cdot 10^2 \text{ км} = 300 \text{ км.}$$

4. Размер Галактики в нашей модели будет примерно  $7 \cdot 10^6$  км, так как

$$r'_4 = \frac{1 \text{ см} \cdot 9,46 \cdot 10^{17} \text{ км}}{1,4 \cdot 10^6 \text{ км}} \approx 7 \cdot 10^{11} \text{ см} = 7 \cdot 10^6 \text{ км.}$$

5. Расстояние до квазаров будет 1000 млрд км ( $10^{12}$  км — триллион километров), так как

$$r'_5 = \frac{1 \text{ см} \cdot 10^{23} \text{ км}}{1,4 \cdot 10^6 \text{ км}} \approx 7 \cdot 10^{16} \text{ см} = 7 \cdot 10^{11} \text{ км.}$$

**Х. Методические рекомендации.** Урок включает довольно обширный материал (что показывает чрезмерно большое число вводимых новых понятий), который в полном объеме (§ 30 учебника) удастся объяснить лишь в хорошо подготовленных классах с интересующимися астрономией (и физикой!) учащимися. Поэтому из четырех разделов § 30 два отмечены звездочками.

Каждый из разделов § 30 мог бы стать, строго говоря, темой отдельной учебной лекции или ученического реферата. Поэтому здесь особенно важно выделить главное в тексте учебника, что мы и сделаем ниже.

В § 30.1 дается понятие о кратных галактиках, Местной группе галактик, скоплениях и сверхскоплениях галактик (необходимо

подчеркнуть, что сверхскопления галактик, вероятно, завершают иерархический ряд структур систем во Вселенной). Далее рассказывается о крупномасштабной (ячеистой) структуре Вселенной и пространственном распределении галактик (с гипотетически обедненными галактиками черными областями, разумеется, ничего общего не имеющими с релятивистскими черными дырами). Все сказанное позволяет (в пределах общеобразовательного курса астрономии) сделать вывод о том, что в масштабах Солнечной системы, Галактики и даже скоплений галактик Вселенная неоднородна. Но в целом (при рассмотрении ее структуры на уровне сверхскоплений галактик) Вселенную можно считать в известном приближении и однородной, и изотропной (на этом предположении основаны фридмановские космологические модели).

Главное в содержании § 30.2 — закон Хаббла, в котором значение  $H$  заключено в пределах  $60 \text{ км}/(\text{с} \cdot \text{Мпк}) < H < 80 \text{ км}/(\text{с} \cdot \text{Мпк})$ , а в примере 13 при расчетах взято значение  $H = 70 \text{ км}/(\text{с} \cdot \text{Мпк})$ .

Объясняя учащимся весьма необычное явление — расширение Метагалактики, подчеркиваем, что речь идет о взаимном удалении галактик друг от друга (а не от какого-то центра, причем расширение Метагалактики проявляется только на уровне скоплений и сверхскоплений галактик (и не имеет отношения к расширению небесных тел и их систем). Далее объясняем, что как всякий закон природы закон Хаббла имеет свои границы применимости, а постоянная Хаббла, строго говоря, представляет собой функцию от времени (похоже, согласно последним данным, что разлет галактик происходит с **ускорением**, а не с замедлением, это связано с возможной антигравитацией физического вакуума). Очень важной является последняя часть § 30.2, где сообщается об открытии А. А. Фридмана, дается способ оценки возраста Метагалактики (10—20 млрд лет)<sup>1</sup> и приводятся соображения, отрицающие «сверхъестественную» трактовку Большого взрыва.

Материал § 30.3\* не является обязательным, но он может заинтересовать любознательных учащихся. Здесь в общих чертах изложена восходящая к трудам Г. А. Гамова гипотеза «горячей Вселенной». Ее важнейшим подтверждением считается открытие реликтового излучения (в последние годы открыта *анизотропия* реликтового излучения!). Гипотезу «горячей Вселенной» разделяют большинство современных астрофизиков и космологов, а некоторые из них считают ее теорией (например, Я. Б. Зельдович говорил, что гипотеза «горячей Вселенной» так же верна, как и учение Коперника о том, что Земля обращается вокруг Солнца).

Звездочкой отмечен и § 30.4\*, из которого учащиеся могут узнать о фридмановских моделях Вселенной. Из них, конечно, лишь одна (пока еще не очень ясно, какая именно) реализуется в

---

<sup>1</sup> По современным данным, возраст Метагалактики составляет **около 14 млрд лет**.



эволюции Вселенной. В учебнике ничего не сказано о том, что фридмановскому расширению, возможно, предшествовала «инфляционная фаза» в эволюции Вселенной. Активно разрабатывается гипотеза «раздувающейся Вселенной». Понятие о ней дается, например, в специально написанной для учащихся книге автора «Эволюционирующая Вселенная». Но говоря о незавершенности наших знаний о Вселенной (и недостижимости «абсолютной истины» в познании многих проблем мироздания), нужно заметить, что: а) Метагалактика — наша Вселенная, скорее всего, не одна-единственная: не исключено существование множества совершенно различных вселенных («ансамбль вселенных!»); б) на рубеже XX и XXI вв. астрофизики и космологи пришли к сенсационному выводу о том, что в «темной материи» заключена подавляющая масса вещества Вселенной, т. е. наблюдаемая нами Метагалактика — это лишь «вершина айсберга», содержащая каких-то несколько процентов массы Большой Вселенной. Умным детям есть над чем задуматься!<sup>1</sup>

### **Уроки 30, 31. Звездная и планетная космогония**

Следующие два урока согласно авторской программе и учебнику рассматривают вопросы звездной и планетной космогонии. Но прежде чем перейти к их анализу, сделаем несколько общих замечаний.

1. Современная астрономия (точнее, астрофизика) стала всеобщей и эволюционной: идеи эволюции получили признание в астрономии уже после того, как прояснился эволюционный характер биологии (все живое на Земле прошло до нынешнего состояния большой эволюционный путь), геологии и других наук о Земле (наша планета не мертва, она эволюционирует на протяжении всей своей истории и в далеком будущем станет не такой, как сегодня: изменятся ее поверхность, гидросфера, атмосфера и климат). Очевидная в настоящее время фундаментальная идея об эволюции Вселенной на самом деле далеко не очевидна. На протяжении тысячелетий Космос представлялся человеку вечно неизменным, в котором строго повторялись одни и те же явления — восход и заход Солнца, периодическая смена вида Луны, на небе были видны одни и те же созвездия, причем из года в год повторялся один и тот же вид звездного неба. К необычным (и конечно, загадочным) относили такие необыкновенные небесные явления, как солнечные и лунные затмения, появление «хвостатых звезд» (комет), «падающих звезд» (метеоров), поляр-

---

<sup>1</sup> Более подробную информацию об этом учитель найдет в книге Е. П. Левитана «Физика Вселенной» и наверняка воспользуется имеющейся в ней библиографией.

ных сияний и т. д., странное (петлеобразное) движение планет («блуждающих светил») и даже неожиданные появления новых звезд (например, вспышка Сверхновой 1054). Однако эти необыкновенные явления, производившие, безусловно, впечатление на простой народ и астрономов, не могли поколебать общего представления о неизменности однажды созданного Космоса.

2. Поэтому нет ничего удивительного в том, что и современные люди, живущие теперь уже в космической эре, но не знающие основ астрономии, не имеют представления о происходящих во Вселенной эволюционных процессах и тем более об эволюции самой Вселенной. «Здравый смысл» далеко не всегда способен подтолкнуть человека к столь абстрактным для него эволюционным идеям. Но, изучая физическую природу небесных тел и их системы разной сложности, школьники постепенно накапливают в «банке своих знаний» научные факты, свидетельствующие, что и отдельные небесные тела, и Метагалактика изменяются с течением времени (изменяющийся вид комет, бурные процессы на Солнце, «русла высохших рек» на Марсе, физические процессы в тесных системах двойных звезд, вспышки сверхновых, разбегание галактик). Обобщая уже известные учащимся факты, мы переходим к интересующим их вопросам: откуда взялась Вселенная? Как появились звезды и планеты? Как возникла Солнечная система? Что ждет в будущем (далеком и близком) Вселенную, Солнечную систему, Землю с живущими на ней людьми? Не угрожает ли нам Космос (или хотя бы Солнце)? Подобные вечные вопросы (как и другие «детские вопросы», которые в действительности оказываются фундаментальными) столь интересны и важны в мировоззренческом плане, что возникает соблазн начать изучение курса астрономии с Большого взрыва<sup>1</sup> и сделать перечисленные вопросы в курсе астрономии системообразующими. Мы не отвергаем возможность *дедуктивно* построить курс астрономии, но рекомендуем все-таки «традиционное» («индуктивное») его построение, согласно которому мы ведем школьника от известного к неизвестному, от повседневно наблюдаемого каждым к тому, что могут наблюдать лишь профессиональные астрономы, вооруженные мощью современных наземных и космических инструментов и совершенных методов исследования. В такой *учебно-познавательной* программе эволюционные проблемы на протяжении почти всего времени изучения астрономии, к сожалению, не затрагиваются, но именно они становятся главными на последних уроках астрономии.

3. Специфика уроков по космогонии (и космологии) связана с тем, что на них мы вводим учащихся в сферу не познанного наукой, в мир научных гипотез, хотя в целом школьная астрономия

---

<sup>1</sup> Тем более, что невероятные физические условия, которые должны были быть в эпоху Большого взрыва, ученые пытаются моделировать в самых лучших физических лабораториях («Земля и Вселенная», 2003, № 5).

представляет собой систему фактов, строго установленных, подтвержденных наблюдениями и теоретической интерпретацией. Выдвигая и обосновывая различные гипотезы, наука пока еще предположительно отвечает на вопросы: был ли Большой взрыв? Была ли Вселенная в прошлом горячей (ведь несколько десятилетий назад развивалась гипотеза «холодной Вселенной»)? Как на самом деле из разлетающегося после Большого взрыва вещества родились звезды, наше Солнце и планеты? Выдвижение гипотез — неотъемлемая часть научного познания окружающего нас мира. Когда-то гипотезами были представления древних о существовании атомов (неделимых частиц вещества). Строго говоря, гипотетичным оставалось вплоть до XIX в. учение Коперника, подтвержденное открытием параллактического смещения звезд. Буквально на наших глазах подтверждается гипотеза Джордано Бруно о возможном существовании планет у других звезд (а звезды действительно оказались далекими солнцами).

Триумфальным подтверждением ньютоновской теории явилось открытие Нептуна, невидимых спутников звезд и т. д. Открытие реликтового излучения и его **анизотропии** и данные о распространенности химических элементов во Вселенной считаются подтверждением реальности Большого взрыва и «горячей Вселенной». До сих пор остаются актуальными новые подтверждения общей теории относительности, в том числе астрофизические (открытие черных дыр в системах двойных звезд и сверхмассивных черных дыр в ядрах галактик, поиски гравитационного излучения и т. д.), причем, как известно, первые подтверждения ОТО были тоже астрономическими (смещение перигелия Меркурия, отклонение лучей света звезд в поле тяготения Солнца, наблюдаемое во время полных солнечных затмений). Приведенные примеры уже известны учащимся, но о них полезно напомнить, чтобы дети «прониклись должным уважением» к гипотезам, воспринимали их серьезно (но критически!), понимали, что астрономия как наука продолжает развиваться и нуждается в новых идеях, исследованиях и, конечно, в молодых талантливых ученых (в рядах которых скоро могут оказаться сегодняшние школьники!). Именно грядущим поколениям астрономов предстоит выяснить, что представляет собой неведомая нам пока «часть айсберга», в которой скрыта почти вся масса Большой Вселенной. В ходе уже начавшейся **третьей революции** в астрономии будут получены более определенные, чем мы имеем сегодня, ответы на вопросы о том, как возникли и эволюционировали галактики, звезды и планеты.

4. В связи с последним замечанием возникает весьма существенный для учителя вопрос: а нужно ли вообще отводить космогонии отдельные уроки в мизерном курсе школьной астрономии? Мы не станем навязывать учителю ответ, считая, что вопрос о том, как проводить уроки космогонии (например, так, как рекомендуют авторская программа и учебник «Астрономия, 11»), дол-

жен решаться учителем с учетом интересов и подготовки учащихся. Например, в *основном разделе* учебной книги автора «Краткая астрономия» нет параграфов по космогонии. Зато в дополнительном разделе любознательные учащиеся найдут параграф «Происхождение и развитие небесных тел». Может быть, такой вариант заинтересует некоторых учителей? Или, может быть, предпочтительнее провести всего один урок по космогонии, а не два? Это, повторяем, должен решить учитель. Ниже мы рассмотрим оба предлагаемых нами урока по космогонии — «Происхождение и эволюция галактик и звезд» и «Происхождение планет».

**I. Цель уроков:** познакомить учащихся с современными гипотезами о происхождении и развитии галактик, звезд и планет.

**II. Основная воспитательная идея.** Небесные тела и их системы находятся в вечном движении и развитии, мы живем в эволюционирующей Вселенной.

### **III. Комплексные задачи уроков.**

#### *1. Доминирующие образовательные задачи:*

а) ввести новые понятия: космогония (галактик, звезд и планет), возраст небесных тел, старые звезды, молодые звезды, газопылевые облака, распространенность химических элементов во Вселенной, протопланеты, протозвезды (протосолнце);

б) продолжить формирование понятий: астрономические наблюдения, научные гипотезы, расширение Метагалактики, звездные скопления, диффузная материя, диаграмма Г—Р, термоядерные реакции внутри звезд, масса звезды, нейтронные звезды, черные дыры;

в) продолжить формирование специальных и общенаучных знаний, объясняя учащимся, какова роль научных гипотез в развитии наук о природе.

#### *2. Доминирующие воспитательные задачи:*

а) способствовать формированию мировоззрения учащихся, обсуждая с ними проблемы, связанные с эволюционными процессами во Вселенной;

б) способствовать эстетическому воспитанию учащихся, демонстрируя им красоту и стройность космогонических гипотез, основанных на данных астрономических наблюдений и применении законов «земной физики» к анализу процессов, сопровождающих рождение и эволюцию галактик, звезд и планет.

#### *3. Доминирующие задачи развития:*

а) способствовать развитию интеллекта и познавательных интересов учащихся, знакомя их с еще до конца не решенными проблемами космогонии;

б) создавать эмоциональные ситуации при рассмотрении эволюции небесных тел (например, рассматривая их рождение, жизнь и смерть звезд).

**IV. Структура уроков, доминирующие приемы и методы:** уроки-лекции или комбинированные уроки, в которых объяснению

нового материала предшествует краткий фронтальный опрос (или проверочная работа).

**V. Межпредметные связи.** Уроки проводятся с опорой на знание не только физики, но и химии, поскольку будут затронуты проблемы происхождения и распространенности химических элементов.

**VI. Учебное оборудование:** диафильмы «Что такое космология», «Происхождение и развитие небесных тел» (и фрагмент из диафильма «Природа, происхождение и развитие Луны»), учебные кинофильмы (видеофильмы) и компьютерные программы (в частности, «Мультимедийная библиотека по астрономии», «Открытая астрономия»), рабочая тетрадь-альбом «Астрономия, 11».

**VII. План изложения материала на уроке «Происхождение и эволюция галактик и звезд»:** а) введение; б) возраст галактик и звезд; в) происхождение и эволюция звезд.

**VIII. Задание на дом к уроку «Происхождение и эволюция галактик и звезд»:** § 31. В-з. к § 31.

**IX. Анализ дидактического материала к уроку «Происхождение и эволюция небесных тел».**

В-з. к § 31 содержат 8 вопросов-заданий, из которых рассмотрим последнее.

**В-з. № 8.** Какова плотность белого карлика, масса которого равна массе Солнца, а диаметр — порядка диаметра Земли? Во сколько раз она меньше плотности нейтронной звезды, масса которой  $2M_{\odot}$ , а радиус 10 км?

<p><b>Дано:</b>  <math>m_1 = M_{\odot}</math>  <math>D_1 = D_{\oplus} = 12\,800\text{ км}</math>  <math>m_2 = 2M_{\odot}</math>  <math>R_2 = 10\text{ км}</math>  <math>M_{\odot} = 2 \cdot 10^{30}\text{ кг}</math></p>	<p><b>Решение:</b>  <math>\rho = \frac{m}{V}; V = \frac{4}{3}\pi R^3 = \frac{\pi D^3}{6}</math> (объем шара).          Отсюда находим <math>\rho = \frac{6m}{\pi D^3}</math> и выполняем необходимые вычисления:  <math>\rho_1 = \frac{6 \cdot 2 \cdot 10^{30}\text{ кг}}{3,14 \cdot (12\,800 \cdot 10^3)^3\text{ м}^3} \approx 2 \cdot 10^9 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3};</math>  <math>\rho_2 = \frac{6 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 10^{30}\text{ кг}}{3,14 \cdot 10\,000^3\text{ м}^3} \approx 8 \cdot 10^{18} \frac{\text{кг}}{\text{м}^3};</math>  <math>\frac{\rho_2}{\rho_1} = \frac{8 \cdot 10^{18}}{2 \cdot 10^9} = 4 \cdot 10^9.</math></p>
<p><math>\rho_1</math> — ?  <math>\frac{\rho_2}{\rho_1}</math> — ?  <math>\rho_1</math></p>	

**О т в е т.** Плотность нейтронной звезды превышает плотность белого карлика в 4 млрд раз.

**X. Методические рекомендации к уроку «Происхождение и эволюция галактик и звезд».** Остановимся на главном в § 31 и основных моментах урока.

В начале § 31.1 объясняется, что такое космогоническая проблема, в которой исследуются не философские и даже не проблемы космологии, а происхождение и эволюция конкретных систем небесных тел. Заметим, что если принять во внимание естественно-научную гипотезу о существовании физического вакуума, фазовые

превращения которого могли привести к Большому взрыву, инфляционной фазе и рождению множества вселенных, то философский тезис о вечности материи и естественно-научное представление о вечности Вселенной получают достаточно серьезное обоснование.

Следующий шаг — введение понятия о возрасте небесных тел (в § 31.2 рассматривается возраст галактик и звезд, а в § 32.2 — возраст Земли и других тел Солнечной системы). Только после этого в § 31.3 рассматриваем конденсационную гипотезу происхождения и возможные пути эволюции звезд разной массы. Эволюцию звезд разной массы интересно проследить, демонстрируя соответствующую модель в компьютерной программе «Открытой астрономии». После этого уместно рассказать о черных дырах, поисках и первых открытиях этих релятивистских объектов в системах двойных звезд и ядрах галактик. В школьном учебнике об этом сказано весьма осторожно, хотя астрономы уверены, что первые черные дыры уже открыты<sup>1</sup>.

**XI. План объяснения нового материала на уроке «Происхождение планет»:** а) возраст Земли и других тел Солнечной системы; б) основные закономерности в Солнечной системе; в)\* первые космогонические гипотезы; г) современные представления о происхождении планет.

**XII. Задание на дом к уроку «Происхождение планет»:** § 32. В-з. к § 32.

**XIII. Методические рекомендации к уроку «Происхождение планет».**

Этот урок является логическим продолжением предыдущего. В начале излагаем вопрос о возрасте небесных тел Солнечной системы (§ 32.1). Подчеркиваем, что наше Солнце не относится к звездам «первого поколения». В его состав вошел газ, уже побывавший (и быть может, не один раз!) в недрах старых звезд, некогда взорвавшихся сверхновых (известно, что при взрывах сверхновых межзвездная среда обогащается химическими элементами, которые тяжелее водорода и гелия).

Следуя § 32.2, перечисляем основные закономерности Солнечной системы, чтобы, во-первых, систематизировать уже изученный материал о Солнечной системе. Во-вторых, в единый перечень свести закономерности, которые должны быть объяснены космогонической гипотезой, претендующей хотя бы на относительную истинность.

Далее рассматриваем первые космогонические гипотезы (обратите внимание на то, что § 32.3\* отмечен звездочкой). Достаточно остановиться только на гипотезах Канта и Лапласа, хотя

---

<sup>1</sup> Исключительно интересный обзор проблемы черных дыр учитель найдет в книге А. М. Черепашука и А. Д. Чернина «Вселенная, жизнь, черные дыры» (Фрязино: Век два, 2003); см. также рецензию автора на эту книгу («Земля и Вселенная», 2004, № 4).

наивные космогонические идеи содержались даже в древних мифах и в религиозных учениях.

Затем переходим к изложению сути современных представлений о происхождении планет (§ 32.4), прежде всего подчеркиваем принципиальную трудность планетной космогонии, которая пока имеет возможность опираться на данные только нашей планетной системы (хотя уже открыты протопланетные туманности вокруг других звезд и планеты других звезд). Достаточно перечислить важнейшие результаты планетной космогонии и, главное, сформулировать ее основную идею: планеты и их спутники сформировались из холодных твердых тел и частиц. Затем можно рассказать о последующей эволюции Земли (разогрев, гравитационная дифференциация вещества, образование ядра, мантии, коры, гидросферы и атмосферы).

## Урок 32. Заключительный урок астрономии

**I. Цель урока:** сделать обзор основных научных представлений о структуре и эволюции Вселенной, затронув в нем и такую интересную учащимся проблему, как, например, проблему существования жизни и разума вне Земли.

**II. Основная воспитательная идея.** Мы теперь уже имеем представление об астрономической картине мира, о месте Земли и Человека во Вселенной, хотя есть еще множество нерешенных научных проблем.

### III. Комплексные задачи урока.

#### 1. Доминирующие образовательные задачи:

а) ввести понятия: астрономическая картина мира (совокупность современных научных представлений о структуре и эволюции мегамира; в основе астрономической картины мира лежат достоверные факты, полученные из наблюдений, а также теории и гипотезы, создание которых стало возможным благодаря прогрессу прежде всего физики, а также других областей естествознания и математики), проблема внеземных цивилизаций;

б) дать представление о том, что жизнь и разум на Земле в существующем виде могли появиться лишь при данном варианте эволюции нашей Вселенной (антропный принцип)<sup>1</sup>.

#### 2. Доминирующие воспитательные задачи:

а) продолжить формировать представление о Вселенной как о материальном процессе, бесконечном во времени и беспредельном в пространстве;

---

<sup>1</sup> На рубеже XX и XXI вв. выяснился еще более глубокий смысл антропного принципа, поскольку физики-теоретики установили, что такие фундаментальные понятия, как физические взаимодействия, масса элементарных частиц и т. д., на самом деле сами обусловлены чрезвычайно тонкой подгонкой определенных параметров физического вакуума (!).

б) акцентировать внимание учащихся на познаваемости мира, на возможности проникнуть в сущность самых сложных вопросов мироздания;

в) еще раз подчеркнуть, что величайшим достижением современной астрономической науки является, по существу, открытие эволюционирующей Метагалактики, хотя непосредственно глазам человека доступно лишь несколько тысяч звезд, составляющих ничтожную часть звезд нашей Галактики и кажущихся вечными и неизменными;

г) важно подчеркнуть, что открытие грандиозной картины мира, в которой Земля представляет собой всего лишь одну из песчинок мироздания, не принижает ни роль нашей планеты, ни роль земной цивилизации, достигшей такого развития, которое позволило добиться огромных успехов в исследовании Вселенной и приступить к освоению космического пространства;

д) необходимо четко разграничить антинаучные сенсации, связанные с НЛО, гуманоидами и т. п., от научной комплексной проблемы внеземных цивилизаций (ВЦ), разработка которой в настоящее время ведется в международном масштабе и имеет большое значение не только для ее решения, но и для «попутного» накопления новых данных о Вселенной (астрономический аспект) и для изучения перспектив развития земной цивилизации (космосоциологический аспект).

### 3. Доминирующие задачи развития:

а) способствовать развитию интереса учащихся к дальнейшим открытиям в области астрономии и космологии, к новым достижениям в исследовании околоземного космического пространства и небесных тел Солнечной системы;

б) способствовать формированию активной жизненной позиции учащихся, которые, живя в уже наступившей космической эре, должны чувствовать себя лично причастными к делу сохранения уникальной природы нашей планеты, борьбе за мир на Земле и дальнейшему прогрессу земной цивилизации.

**IV. Структура урока, доминирующие приемы и методы:** проверочная работа (10 мин по вопросам, которые предлагались учащимся на первом уроке, чтобы дать им ощутить «прирост» своих знаний), обзорная учебная лекция (или беседа с учащимися) либо выступления учащихся с рефератами «Как устроена и развивается Вселенная», «Жизнь и разум во Вселенной», которые, впрочем, могли бы быть включены в интересное внеклассное мероприятие<sup>1</sup>.

**V. Учебное оборудование:** фильмы «Что такое космология», «Жизнь и разум во Вселенной», наглядные таблицы, фрагменты

---

<sup>1</sup> Здесь учителю окажется полезной книга Л. М. Гиндилиса «SETI: Поиск Внеземного Разума» (М.: Физматлит, 2004) и рецензия на нее автора («Все о SETI»; «Земля и Вселенная», 2004, № 5).



из кинофильмов (видеофильмов) и учебных компьютерных программ.

**VI. Межпредметные связи.** Урок должен проводиться с опорой на знания учащихся по физике, биологии и общественным предметам.

**VII. План изложения нового материала:** а) эволюция Вселенной и жизнь; б) проблема внеземных цивилизаций.

**VIII. Задание на дом** (если учитель сочтет его нужным): § 33. В-з. к § 33 и материал к итоговому зачету на с. 203—205 учебника («Что полезно знать, изучив тему „Строение и эволюция Вселенной“» и «Что желательно уметь, изучив тему „Строение и эволюция Вселенной“»).

**IX. Анализ дидактического материала.** В В-з. к § 33 из 11 заданий наиболее трудоемкими являются задания № 9 и 10.

**В-з. № 9.** В 1974 г. было отправлено в сторону шарового скопления в созвездии Геркулеса (расстояние 7000 пк) радиопослание нашим братьям по разуму. Когда земляне в лучшем случае получают ответ?

<p><b>Дано:</b>  <math>r = 7000 \text{ пк} =</math>  <math>= 21 \cdot 10^{16} \text{ км}</math>  <math>c = 3 \cdot 10^5 \text{ км/с}</math>  <math>t - ?</math></p>	<p><b>Решение:</b>          В решении задачи надо учесть следующее:  <b>1.</b> <math>1 \text{ пк} = 3 \cdot 10^{13} \text{ км}</math>.  <b>2.</b> Радиосигнал идет со скоростью света и должен пройти путь туда и обратно.  <b>3.</b> <math>1 \text{ год} = 3,16 \cdot 10^7 \text{ с}</math>;  <math>t = \frac{2r}{c}; t = \frac{42 \cdot 10^{16} \text{ км}}{3 \cdot 10^5 \frac{\text{км}}{\text{с}}} = 14 \cdot 10^{11} \text{ с}; t = 4,4 \cdot 10^4 \text{ лет}</math>.</p>
---	---

**В-з. № 10.** Сколько времени будут лететь до ближайших звезд АМС, которые в конце XX в. покинули нашу планетную систему, имея скорость около 20 км/с?

<p><b>Дано:</b>  <math>r = 65 \text{ св. лет} =</math>  <math>= 6 \cdot 10^{14} \text{ км}</math>  <math>v = 20 \text{ км/с}</math>  <math>t - ?</math></p>	<p><b>Решение:</b>          Рассмотрим полет к звезде Альдебаран (в направлении которой уже летит более 30 лет АМС «Пионер-10»). Напомним, что <math>1 \text{ св. год} = 9,46 \cdot 10^{12} \text{ км}</math>. Тогда искомое время будет:  <math>t = \frac{r}{v} = \frac{6 \cdot 10^{14} \text{ км}}{20 \frac{\text{км}}{\text{с}}} \approx 3 \cdot 10^{13} \text{ с} \approx 10^6 \text{ лет}</math>.</p>
---	--

**Ответ.** Время полета «Пионера-10» до цели составит примерно миллион лет.

**X. Методические рекомендации.** Проверочная работа, если учитель сочтет ее необходимой, дается, как уже отмечалось, для получения «второго среза», т. е. для определения реального продвижения учащихся в процессе изучения курса астрономии. За эту рабо-

ту можно не оценивать, особенно если предыдущие проверочные работы и зачеты уже позволили в достаточной мере оценить знания учащихся. К этому уроку материал курса астрономии изучен и, возможно, проведены обязательные практические занятия (наблюдения) вне урока. При любом из возможных путей проведения заключительного урока нужно, чтобы учащиеся осознали: теперь они знают о строении и эволюции Вселенной значительно больше, чем до изучения курса астрономии. Задача состоит в том, чтобы в дальнейшем каждый из них не терял интерес к достижениям науки о Вселенной, следил бы за новыми увлекательными открытиями. Этому должно способствовать рассмотрение и такой интересной проблемы, как пока далекая от разрешения проблема ВЦ. Другой пример — предпринимаемые в настоящее время попытки создания такой космологической теории (гипотеза раздувающейся Вселенной), которая призвана объяснить важнейшие фундаментальные свойства Вселенной, т. е. ответить на вопросы: почему Метагалактика расширяется? Почему в Метагалактике вещество явно преобладает над антивеществом? Почему Метагалактика однородна в больших масштабах? Существуют ли другие метагалактики?

Напомним, что создание новой космологической теории неотделимо от создания физической теории объединения основных видов физических взаимодействий, а решение проблемы множественности обитаемых миров, возможно, окажется связанным с представлением о Вселенной как о множестве метагалактик с присущими им физическими условиями (в частности, с отличными от наших значениями фундаментальных физических констант, размерностью пространства и т. д.).

Материал § 33 завершает учебник «Астрономия, 11» и перекликается с его первой статьей («Как работать с учебником»), где, в частности, перед учащимися раскрывались перспективы изучения курса.

Заключительный обзор, во-первых, дает возможность в самом обобщенном виде, в целом показать учащимся астрономическую картину мира — картину эволюционирующей Вселенной; во-вторых, еще раз обратиться к физике первых мгновений расширения Метагалактики и как бы заглянуть в «лабораторию высоких энергий» той далекой и пока еще во многом таинственной для нас эпохи эволюции нашей Вселенной. Это делается, конечно, не для создания у учащихся «иллюзии понимания», а для возбуждения интереса к познанию и разработке глубочайших проблем мироздания. В-третьих, делается попытка наметить связь между эволюцией неорганической материи во Вселенной и появлением в ней жизни. Вероятно, не обязательно подчеркивать, что жизнь возникает во Вселенной закономерно, поскольку проблема возникновения жизни даже на Земле пока не может считаться решенной. Однако следовало бы отметить связь между далеким

прошлым Метагалактики, ее нынешним расширением и существованием жизни на нашей планете (антропный принцип).

В § 33.2 дается сжатое изложение вопросов, связанных с жизнью во Вселенной, упоминается о пока безрезультатных поисках братьев по разуму. В настоящее время нельзя обходить молчанием эти вопросы хотя бы потому, что учащиеся постоянно получают информацию о НЛО из газет, журналов, радио- и телепередач, в которых приводятся данные о посадках НЛО, описание облика пришельцев и т. п. В учебнике дана (с. 202) спокойная и объективная оценка ситуации, касающаяся НЛО, но не отвергается необходимость дальнейшего тщательного исследования документальных (а не выдуманных или фальсифицированных) данных и проводится граница между тем, что называют НЛО, и научной проблемой ВЦ.

В последние годы основное внимание в проблеме ВЦ уделяется обнаружению (поиску) каких-либо признаков существования жизни вне Земли (и даже сама эта проблема именуется SETI — Search Extra Terrestrial Intelligents, что означает «Поиск внеземных цивилизаций»). Подобные поиски восходят к 1960 г., когда англичанин Фрэнсис Дрэйк попытался уловить радиосигналы искусственного происхождения от звезд созвездий Кита и Эридан с помощью 26-метровой антенны («проект ОЗМА»). Обнаружить желаемые сигналы Дрэйку не удалось, но поиски сигналов ВЦ продолжают до сих пор в США, ряде других стран, включая Россию. У нас эта работа проводится по ряду направлений. Это, во-первых, поиск радиосигналов от различных звезд типа Солнца (300-метровый радиотелескоп РАТАН-600). Во-вторых, исследуются «подозрительные» источники переменного оптического излучения. В-третьих, ищут в инфракрасном диапазоне «сферы Дайсона» (согласно гипотезе Дайсона высокоразвитая цивилизация может создавать их вокруг своего светила для эффективного использования его энергии; такие сферы, поглощая излучение светила, часть его переизлучают в ИФ-диапазоне). В-четвертых, передаются радиосообщения ВЦ (первое из них было отправлено с помощью радиотелескопа Центра Дальней Космической Связи в г. Евпатории, на Украине; послание состояло из трех слов «Мир, Ленин, СССР»). Надо сказать, что не все ученые считают, что земляне должны сообщать о себе братьям по разуму, опасаясь того, что последние могут оказаться весьма агрессивными. Однако большинство ученых подобные опасения не разделяют (к их числу относился академик А. Д. Сахаров, см.: Земля и Вселенная. 1990. — № 6. — С. 63—67).

Исключительно интересно то, что у нас в работе по проблеме SETI участвуют не только профессиональные ученые, но и дети. В начале 2001 г. было отправлено первое детское радиопослание из того же Центра в Евпатории (ныне украинский Центр управления и испытания космических средств) к 6 солнцеподобным звездам в созвездиях Большой Медведицы (включая звезду 47 Большой Медведицы, у которой уже открыты две планеты), Девы, Дракона и Гид-

ры. В сообщении, отправленном детьми (это в основном кружковцы из Московского городского Дворца детского и юношеского творчества, в котором на протяжении нескольких десятилетий отдел астрономии и космонавтики успешно возглавляет Б. Г. Пшеничнер), содержатся текст (на русском и английском языках), описания некоторых игр, эмблема и даже музыкальные вставки из произведений Бетховена, Рахманинова и других композиторов. Детское послание ушло на волне 6 см. При его составлении использовались принципы составления известного радиопослания из Аресибо (16 ноября 1974 г., см.: Земля и Вселенная. — 1975. — № 4). Идеологами работы по проблеме ВЦ в нашей стране по праву считают известных астрофизиков И. С. Шкловского (к сожалению, ныне покойного; его замечательная книга «Вселенная, жизнь, разум» вышла впервые в 1962 г., затем неоднократно переиздавалась и по сей день в высшей степени интересна) и его ученика академика Н. С. Кардашева (с которым автору данной книги посчастливилось познакомиться полвека назад в астрономическом кружке Московского планетария).

Публикаций по проблемам ВЦ и SETI, и в том числе философским аспектам этих проблем (А. Д. Урсул, В. В. Казютинский) очень много. Десятки статей опубликовано начиная с 1965 г. в журнале «Земля и Вселенная». Многие из них принадлежат перу Л. М. Гиндилиса — одному из самых известных в нашей стране исследователей проблемы ВЦ. В частности, исчерпывающую информацию о детском радиопослании учителя астрономии тоже найдут в статье Л. М. Гиндилиса (см.: Земля и Вселенная. — 2002. — № 5).

Важно отметить, что концепция SETI непрерывно развивается, постоянно пополняясь новыми идеями и подходами (см.: Земля и Вселенная. — 2000. — № 5, 6), нередко находящимися на грани фантастики. Так, в гипотезе советского психолога и математика А. Лефевра, работающего сейчас в США, вместо понятия «внеземная цивилизация» используется представление о некотором «Космическом субъекте», бесконечно далеком от людей по физической природе, но обязательно обладающем совестью. Эта модель была не только придумана, но и проверялась (и подтверждалась!) в психологических тестах и сопоставлялась, например, с удивительным (вполне реальным!) источником SS 433 (см.: Земля и Вселенная. — 1980. — № 4; 1986. — № 1; 1991. — № 4), в смещении спектральных линий которого А. Лефевр обнаружил набор частот, соответствующий музыкальному ряду. Приписываемые «Космическому субъекту» свойства и закономерности Лефевр обнаружил и в поведении рентгеновского источника излучения «Быстрый Барстер» и даже провел параллель (вместе с известным московским астрономом Ю. Н. Ефремовым) между «внутренним миром черной дыры» и «психологической моделью рефлексивного, т. е. многократно осознающего себя, Субъекта».

Еще более поразительно предположение Н. С. Кардашева (который в свое время выдвинул ставшую классической гипотезу о

внеземных цивилизациях трех типов) о возможной связи проблем SETI с проблемами космологии. Из недавнего открытия твердого пылевого вещества в очень далеких галактиках он сделал вывод о том, что уже спустя лишь *один миллиард лет* после Большого взрыва во Вселенной могли формироваться планеты, а первые цивилизации, судя по истории появления и развития жизни на Земле, могли появиться через 6 млрд лет после Большого взрыва (если он произошел 14 млрд лет назад, то эти цивилизации старше нашей на 8 млрд лет!). А если вспомнить о возможном существовании мини-вселенных, то можно представить себе существование множества внеземных цивилизаций практически любого возраста (которые в принципе могут общаться между собой, путешествуя через топологические туннели в пространстве-времени, т. е. через «кратовые норы», образованные черными и белыми дырами).

Но и это еще не все. Н. С. Кардашев допускает, что часть гипотетической «темной материи» связана с «зеркальным веществом» (вспомните «зеркальную» симметрию между правым и левым в физике элементарных частиц), а тогда из «зеркальных» атомов и молекул могут в принципе состоять не только звезды и галактики, но и сами ВЦ. Поскольку возможно гравитационное взаимодействие между обычными и «зеркальными» объектами, то представителям разных миров помогут общаться *гравитационные волны* (которые сейчас упорно пытаются обнаружить астрофизики, мечтая о том, что скоро появится «гравитационная астрономия» — новый канал информации о Вселенной). Но пока «гравитационной астрономии» нет, а потому невозможно и обнаружить «зеркальные цивилизации».

Впрочем, по мнению Н. С. Кардашева, и здесь нам способны помочь черные дыры, которые, как оказалось, могут «испаряться». Это открытие сделал выдающийся современный английский теоретик Стивен Хокинг — человек потрясающей судьбы, в последние годы прославившийся также своими научно-популярными бестселлерами; (подробнее об этом см. в рецензиях автора на книги С. Хокинга и Б. Паркера; Земля и Вселенная. — 2001. — № 5; 2002. — № 1). В излучении черных дыр должно быть три составляющие (электромагнитная, корпускулярная и гравитационная). «Сверхумные» цивилизации могут управлять этим излучением (изменяя темп аккреции, т. е. процесса падения вещества с обычной звезды, входящей в двойную систему, на черную дыру!) и применять это излучение (или какую-нибудь из его составляющих, например электромагнитную) для передачи информации...

Ясно, что все это выходит далеко за рамки школьного общеобразовательного курса астрономии. Но разве не полезно вне уроков иногда будоражить умы будущих коперников и эйнштейнов «сумасшедшими» идеями, генерируемыми крупными современными учеными?

## Оглавление

<i>Предисловие</i> . . . . .	3
Об электронной форме учебника . . . . .	4
Тематическое планирование . . . . .	5
<b>Глава I. Конструирование уроков астрономии и подготовка к их проведению</b> . . . . .	<b>6</b>
I.1. Требования к современному уроку астрономии . . . . .	—
I.2. Алгоритм анализа урока . . . . .	10
I.3. О поурочном распределении учебного материала . . . . .	12
I.4. Непосредственная подготовка к проведению уроков . . . . .	13
<b>Глава II. Поурочный научно-методический анализ астрономии</b> . . . . .	<b>16</b>
II.1. Общая характеристика и варианты изучения темы «Введение в астрономию» . . . . .	—
Урок 1. Предмет астрономии . . . . .	18
Урок 2. Звездное небо . . . . .	22
Урок 3. Изменение вида звездного неба в течение суток . . . . .	24
Урок 4. Изменение вида звездного неба в течение года . . . . .	26
Урок 5. Способы определения географической широты . . . . .	29
Урок 6. Основы измерения времени . . . . .	32
II.2. Общая характеристика и варианты изучения темы «Строение Солнечной системы» . . . . .	36
Урок 7. Видимое движение планет . . . . .	37
Урок 8. Развитие представлений о Солнечной системе . . . . .	40
Урок 9. Законы Кеплера — законы движения небесных тел . . . . .	43
Урок 10. Обобщение и уточнение Ньютоном законов Кеплера . . . . .	47
Урок 11. Определение расстояний до тел Солнечной системы и размеров этих небесных тел . . . . .	50
II.3. Общая характеристика и варианты изучения темы «Физическая природа тел Солнечной системы» . . . . .	52
Урок 12. Система «Земля—Луна» . . . . .	54
Урок 13. Природа Луны . . . . .	57
Урок 14. Планеты земной группы . . . . .	60
Урок 15. Планеты-гиганты . . . . .	63
Урок 16. Астероиды и метеориты . . . . .	65
Урок 17. Кометы и метеоры . . . . .	69
II.4. Общая характеристика и варианты изучения темы «Солнце и звезды» . . . . .	72
Урок 18. Общие сведения о Солнце . . . . .	73
Урок 19. Строение атмосферы Солнца . . . . .	76
Урок 20. Источники энергии и внутреннее строение Солнца . . . . .	80
Урок 21. Солнце и жизнь Земли . . . . .	83
Урок 22. Расстояния до звезд . . . . .	88
Урок 23. Пространственные скорости звезд . . . . .	91
Урок 24. Физическая природа звезд . . . . .	93
Урок 25. Связь между физическими характеристиками звезд . . . . .	96
Урок 26. Двойные звезды . . . . .	97
Урок 27. Физические переменные, новые и сверхновые звезды . . . . .	101
II.5. Общая характеристика и варианты изучения темы «Строение и эволюция Вселенной» . . . . .	105
Урок 28. Наша Галактика . . . . .	106
Урок 29. Другие галактики . . . . .	110
Урок 30. Метагалактика . . . . .	113
Уроки 30, 31. Звездная и планетная космогония . . . . .	117
Урок 32. Заключительный урок астрономии . . . . .	123



*Учебное издание*

**Левитан Ефрем Павлович**

**АСТРОНОМИЯ**

**Книга для учителя**

**11 класс**

**Учебное пособие для общеобразовательных организаций**

Редакция физики

Заведующий редакцией *В. В. Жумаев*

Ответственный за выпуск *Н. В. Мелешко*

Художественный редактор *Т. В. Глушкова*

Технический редактор и верстальщик *Н. В. Лукина*

Корректор *М. А. Терентьева*