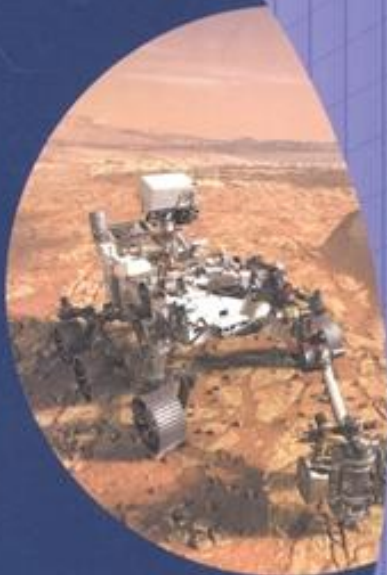


А. В. Засов  
В. Г. Сурдин

**УМК**  
ПО АСТРОНОМИИ



МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ ДЛЯ УЧИТЕЛЯ

# АСТРОНОМИЯ

**10–11**

КЛАССЫ



ИЗДАТЕЛЬСТВО

**БИНОМ**

А. В. Засов  
В. Г. Сурдин



# АСТРОНОМИЯ

Методическое  
пособие для учителя

10—11  
К Л А С С Ы



Москва  
БИНОМ. Лаборатория знаний  
2020

УДК 37.016:52  
ББК 74.265.5  
З-36

**Засов, А. В.** *Астрономия. 10—11 классы. Методическое пособие для учителя* / А. В. Засов, В. Г. Сурдин. — М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2020. — 47, [1] с. — ISBN 978-5-9963-5375-0.

Методическое пособие к учебнику А. В. Засова, В. Г. Сурдина включает тематическое планирование курса астрономии, поурочные разработки и методические комментарии к наиболее сложным темам курса. В пособии приводятся рекомендации по проведению промежуточного и итогового контроля уровня достижения планируемых результатов, по организации проектной деятельности учащихся с учётом дифференциации обучения.

УДК 37.016:52  
ББК 74.265.5

*Учебно-методическое издание*

**Засов** Анатолий Владимирович,  
**Сурдин** Владимир Георгиевич

**Астрономия**

**10—11 классы**

Методическое пособие для учителя

Редактор *И. К. Лапина*. Ответственный за выпуск *С. О. Никулаев*  
Внешнее оформление: *В. А. Андрианов*  
Компьютерная вёрстка: *Э. В. Алексеев*  
Корректор *О. Ч. Кохановская*

Подписано в печать 16.01.20. Формат 60×84/16  
Гарнитура SchoolBookSanPin. Печать офсетная  
Бумага офсетная № 1. Усл. печ. л. 2,79. Тираж 300 экз. Заказ №  
ООО «БИНОМ. Лаборатория знаний»  
127473, Москва, ул. Краснопролетарская, д. 16, стр. 3  
тел. (495)181-53-44, e-mail: binom@Lbz.ru, <http://www.Lbz.ru>

Приобрести книги издательства «БИНОМ. Лаборатория знаний»  
можно в магазине по адресу: Москва, ул. Краснопролетарская, д. 16, стр. 3,  
тел. (495)181-60-77, e-mail: shop@blbz.ru  
Время работы: вторник — суббота с 9 до 19 часов

Заявки на оптовые заказы принимаются Коммерческим департаментом  
издательства: тел. (495)181-53-44, доб. 271, 511, e-mail: sales@blbz.ru

Отпечатано в

© ООО «БИНОМ. Лаборатория знаний», 2020  
© Оформление. ООО «БИНОМ. Лаборатория знаний»,  
2020  
Все права защищены

ISBN 978-5-9963-5375-0

## Введение

Преподавание естественно-научных предметов в средней общеобразовательной школе имеет большое практическое и мировоззренческое значение. Астрономия играет важнейшую роль, позволяя реализовать метапредметный подход в достижении основных образовательных целей, объединяя в единую целостную картину мира знания и умения, которые в течение всех лет обучения ученик получал в школе, даёт правильные представления о закономерностях и взаимосвязях явлений и процессов, происходящих во Вселенной, а также о том, что сам человек — часть этой Вселенной.

К моменту, когда учащиеся начинают изучать астрономию как самостоятельный предмет, они уже достаточно подготовлены. В 10—11-м классах старшеклассники владеют определённым математическим аппаратом, они уже усвоили основы физики и химии, способны не просто видеть взаимосвязи и закономерности, но и понимать логические цепочки в построении гипотез и теорий, привлекая для этого знания из других наук (школьных дисциплин).

Генеральная задача, реализуемая в курсе астрономии, включает воспитание научного миропонимания, демонстрацию познаваемости (но не окончательной познанности) окружающего мира, знакомство с историческим развитием и современными представлениями о Вселенной, а также с непрерывно расширяющейся сферой профессиональной деятельности человека, связанной с космической техникой и научными исследованиями, с нерешёнными проблемами в области астрономии.

В настоящее время астрономия — исключительно быстро развивающаяся наука, и в школьной программе это информационно очень ёмкий предмет. При этом уровень подготовки школьников в разных школах к началу преподавания курса может значительно различаться, что вызывает необходимость предусмотреть возможность вариативности глубины проработки различных тем в рамках заданной программы. Данные обстоятельства, а также то, что в школьной программе на астрономию отведено лишь 36 ча-

сов (один час в неделю), учтены авторами представленного здесь УМК.

Учебник рассчитан на базовый уровень подготовки, однако в каждой главе содержится материал, рекомендуемый для более глубокого знакомства с той или иной темой (этот текст даётся меньшим кеглем), который может частично выходить за рамки программы. Учебник построен таким образом, чтобы освоение основ астрономии в рамках утверждённой программы было успешным при различных начальных уровнях физического и математического образования и различной глубине представлений об астрономии школьника, приступившего к занятиям.

# **Содержание курса**

## **Глава I. Астрономия: её задачи и возможности**

1. Чем занимается астрономия
2. Этапы развития астрономии
3. Космическая деятельность человечества
4. Пространственные масштабы изучаемой Вселенной

## **Глава II. Видимые движения небесных тел**

5. Небо дневное и ночное
6. Созвездия и астеризмы
7. Карта звёздного неба
8. Наблюдаемые движения звёзд, планет, Солнца и Луны
9. Системы небесных координат
10. Время и календарь
11. Движение планет
12. Затмения Луны и Солнца

## **Глава III. Движение космических тел под действием сил гравитации**

13. Геоцентрическая система мира
14. Система Коперника
15. Движение планет вокруг Солнца. Законы Кеплера
16. Закон всемирного тяготения
17. Орбиты космических тел
18. Небесная механика и орбиты космических аппаратов

## **Глава IV. Солнечная система**

19. Общий обзор Солнечной системы
20. Планеты-карлики и малые тела Солнечной системы
21. Метеоры, метеориты и астероидная опасность
22. Экзопланеты

## **Глава V. Методы астрономических исследований**

23. Типы астрономических измерений
24. Телескопы
25. Шкала электромагнитных волн

- 26. Внеатмосферные астрономические наблюдения
- 27. Спектральный анализ

## **Глава VI. Солнце и звёзды**

- 28. Солнце как звезда
- 29. Атмосфера Солнца и солнечный ветер
- 30. Солнечная активность
- 31. Звёзды как газовые шары
- 32. Строение звёзд
- 33. Эволюция Солнца и звёзд
- 34. Переменные звёзды

## **Глава VII. Галактики**

- 35. Наша Галактика — Млечный Путь
- 36. Движение звёзд и вращение Галактики
- 37. Межзвёздная среда и формирование звёзд
- 38. Многообразие галактик

## **Глава VIII. Эволюция Вселенной**

- 39. Необратимые изменения во Вселенной
- 40. Расширение Вселенной
- 41. Модели расширяющейся Вселенной
- 42. Фоновое электромагнитное реликтовое излучение
- 43. Далёкое прошлое Вселенной

## Особенности курса

Школьный курс астрономии можно разделить на *три основных блока задач*, в каждом из которых реализуется своя важнейшая цель.

*Первый блок* — это объяснение наблюдаемых невооружённым глазом астрономических объектов и явлений, с некоторыми из которых школьник познакомился ещё в младших классах на уроках курса «Окружающий мир», а также развитие представлений о месте Земли во Вселенной. Прежде всего это объяснение причин смены дня и ночи и сезонов года, смены фаз Луны, метеорных явлений, видимых движений звёзд, Солнца, Луны и планет по небу, а также представление о Земле как об одной из планет Солнечной системы, рассматриваемое в научно-историческом аспекте. В учебнике этот блок реализуется в главах 1, 2, 3.

*Второй блок* курса — это методы изучения космических тел, используемые технические возможности в астрономических исследованиях, а также прикладное значение астрономии.

Практические задачи астрономии сильно изменились за последние сто лет. Если раньше это были определение географических координат, точного времени, разработка календарных систем на основе астрономических наблюдений, то сейчас среди прикладных задач астрономии — поддержка космонавтики в освоении околоземного пространства, практическое значение которого очевидно; расчёт сложных траекторий движения космических аппаратов, диктуемых законами небесной механики, для которых необходима привязка к инерциальной системе координат, где точно выполняются законы Ньютона (эта система координат базируется на наблюдениях далёких астрономических источников излучения, являющихся для земного наблюдателя точечными). Важную роль астрономия играет в отслеживании потенциально опасных объектов (астероидов, комет), для которых существует реальная угроза столкновения с Землёй, а также в отслеживании и прогнозировании солнечной активности, солнечных вспышек, магнитных



бурь, связанных с обтеканием Земли солнечной плазмой. В будущем большую практическую роль должны сыграть исследования планет и других тел Солнечной системы. К примеру, изучение Венеры, схожей с Землёй такими параметрами, как масса, размер и количество солнечной энергии, получаемой поверхностью планеты, может дать ответ на вопрос о возможных путях эволюции климатических условий на планетах, в том числе на Земле.

Эти астрономические задачи в той или иной мере рассматриваются практически во всех разделах программы, и прежде всего в главах 3, 4 и 5 учебника.

Материалы *третьего блока* курса (он занимает основное место в учебнике) посвящены физической природе небесных тел и систем, их происхождению и эволюции, пространственно-временным масштабам наблюдаемой Вселенной, наиболее важным астрономическим открытиям последних десятилетий, определившим уровень развития науки и техники.

Важно подчеркнуть, что современная астрономия — это фундаментальная наука, основная цель которой — глубже понять, как устроен окружающий мир и почему он оказался устроенным именно так. Здесь базой для понимания служат физические представления о материи в её различных проявлениях. Стоит отметить, что проверка и развитие фундаментальных физических теорий осуществляется посредством не только лабораторных исследований, но и астрономических наблюдений. Ведь именно в глубинах космоса наблюдается вещество в экстремальных условиях, недостижимых в земных физических лабораториях, и реализуются крупномасштабные процессы, которые нельзя воспроизвести на Земле, но можно наблюдать на Солнце, звёздах или в межзвёздном пространстве. Можно сказать, что Вселенная тут выступает как физическая лаборатория, которая позволяет наблюдать и изучать явления, недоступные для исследования в земных условиях. Таким образом, астрономия неразрывно связана с фундаментальными направлениями физики и других наук, а её достижения отражают общий уровень научного развития цивилизации. Материал, касающийся перечисленных проблем, в основном сосредоточен в главах 6, 7, 8 учебника.

Отличительной особенностью учебника является *обширная первая глава*, затрагивающая широкий круг вопросов. Это своего рода введение в астрономию и одновременно — рассказ о её задачах, истории становления как науки, современных возможностях и перспективах. Такая подача материала, по мнению авторов, позволяет напомнить школьникам о тех начальных знаниях по астрономии, которые они получили на уроках естествознания в предыдущих классах, упорядочить разрозненные знания и выстроить логическую цепочку, связывающую античные представления о мире с постепенно расширяющейся и всё более усложняющейся картиной, которая описывает наблюдаемую Вселенную. Именно в этой главе раскрыта важная тема о пространственно-временных масштабах наблюдаемого мира. Некоторые затронутые в ней вопросы в последующих главах учебника рассматриваются более подробно.

Определённую сложность в преподавании астрономии создаёт то обстоятельство, что современная астрономия — быстро развивающаяся наука. Новые открытия, иногда очень трудные для понимания и популяризации, или очередные успехи в области космонавтики и изучения других планет происходят непрерывно. Даже самый современный учебник не успевает отразить последние достижения в этих областях. Это обязывает преподавателя всегда находиться в курсе научных новостей, а также уметь отсеять информационный шум, часто присутствующий в СМИ при «популяризации» новостей науки, от реальной объективной информации.

Особое значение в преподавании астрономии имеет такая форма практических занятий, как *астрономические наблюдения*. Наблюдения звёзд и других астрономических объектов являются важным подспорьем в изучении астрономии и способствуют углублению интереса к этой науке. Крайне желательно посвящать наблюдениям как минимум один час времени на открытом воздухе, особенно если имеется возможность использовать телескоп. Сложность, однако, в том, что наблюдения требуют тёмного вечернего времени, они не предусмотрены сеткой учебных часов, их трудно планировать из-за переменных погодных условий.

В крупных городах наблюдения к тому же затруднены из-за света городских огней.

В дневное время при наличии телескопа несложно организовать наблюдения Солнца с использованием экрана, на который проецируется изображение солнечного диска.

Вечерние наблюдения в телескоп могут включать следующие объекты:

- Луна (моря, горы, кратеры), отождествление наблюдаемых объектов лунной поверхности с деталями карты Луны;
- планеты (исходя из условий видимости);
- двойные и кратные звёзды (например, эпсилон Лир);
- газовые туманности (Туманность Ориона) и звёздные скопления (Плеяды,  $\chi$  (хи) и  $h$  (аш) Персея, Ясли);
- Туманность Андромеды.

Если организация вечерних наблюдений под руководством учителя оказывается затруднительной, наблюдения невооружённым глазом следует рекомендовать как *самостоятельное задание* или *коллективное задание* для школьников, реализуемое на открытой площадке вдали от ярких огней в тёмное время суток в ясную погоду.

Наблюдения звёздного неба невооружённым глазом включают:

- поиски созвездий с использованием компьютерных звёздных карт или их бумажных версий и приложений для определения положения небесных объектов на небе на конкретную дату;
- нахождение Полярной звезды, ярких планет (Венера, Марс, Юпитер, Сатурн — исходя из условий их видимости);
- отождествление наиболее ярких звёзд, находящихся достаточно высоко над горизонтом во время наблюдений, руководствуясь картой звёздного неба.

В подготовке и проведении учебных астрономических наблюдений учителю поможет «*Школьный астрономический календарь*», который выходит ежегодно. Авторами-составителями этого ежегодника являются профессиональные астрономы, кандидаты физико-математических наук М. Ю. Шевченко и О. С. Угольников. Учитель найдёт в этом

издании не только все необходимые сведения для проведения наблюдений (хотя эта цель — основная для астрономического календаря-ежегодника), но также методические рекомендации, задачи, материалы по истории астрономии и космонавтики и многое другое. Календарь содержит астрономическую информацию по месяцам на весь учебный год с сентября по май и летние месяцы, выходит он обычно накануне нового учебного года (летом).

Для проведения занятий по астрономии необходимо оборудовать *кабинет астрономии* или хотя бы отвести астрономической тематике некоторое место в кабинете физики. Очень полезно иметь в школе астроплощадку, на которой можно проводить некоторые дневные занятия и вечерние наблюдения.

Опыт проведения наблюдений со школьниками показывает, что оптимальный набор оборудования должен состоять хотя бы из двух телескопов. Основной, например Celestron Advanced, лучше установить на жёсткую тумбу, стоящую на небольшом отдельном фундаменте, и иметь возможность закрывать специальным астрономическим куполом. Небольшой телескоп в дополнение к основному будет очень полезен, его можно брать в экспедиции или просто выносить на астроплощадку, когда группа наблюдателей больше пяти человек. Наблюдения Солнца не требуют большого диаметра объектива, наоборот, его стоит уменьшить, закрыв, например, диафрагмой с небольшим отверстием. **(Необходимо помнить о технике безопасности: все наблюдения Солнца проводить только методом проекции или при полностью закрытой апертуре специальными солнечными фильтрами!)**

Для фотографических наблюдений можно использовать цифровой фотоаппарат или видеокамеру, например Celestron Neximage 5. Она закрепляется в окулярной части телескопа и позволяет записывать, а затем обрабатывать изображения астрономических объектов. Видеокамера подключается к любому компьютеру. Для обработки необходима специальная программа, например REGISTAX.

Если школа имеет возможность приобрести дополнительное оборудование, то стоит подумать о мобильном планетарии. В комплект входит надувной купол диаметром от

5 м и высотой от 3,2 м, компрессор, проектор и сферическое зеркало. Для работы планетария выпускаются специальные полнокупольные фильмы, а также есть хорошие компьютерные программы (например, Stellarium или RedShift), которые позволяют проводить уроки под искусственным звёздным небом.

## Межпредметные связи

**Физика.** Современная астрономия неотделима от этой науки. Исследования физических процессов в специфических, подчас экстремальных условиях космического пространства — это магистральное направление астрономии. Связь астрономии и физики даёт учителю возможность использовать на уроках астрономии те знания, которые получены на уроках физики. В первую очередь это касается следующих разделов.

- *Понятие вектора скорости и ускорения, законы классической механики и закон всемирного тяготения* (небесная механика, движение тел Солнечной системы и искусственных аппаратов, движение звёзд, вращение галактик).

- *Свойства газов и уравнение газового состояния* (давление в недрах Солнца и звёзд, понятие идеального и вырожденного газа).

- *Магнитное поле, индукция* (магнитное поле Земли и планет, Солнца и межзвёздной среды, движение замагниченной плазмы и активные процессы на Солнце, обтекание солнечным ветром магнитосферы Земли).

- *Геометрическая и волновая оптика* (устройство и принцип действия оптических и радиотелескопов, угловое разрешение телескопа).

- *Шкала электромагнитного излучения* (исследование космоса в различных интервалах спектра; источники космического излучения, наблюдаемые в различных диапазонах спектра).

- *Термодинамика* (понятие температуры звёзд и разреженной среды, температуры фонового излучения, перенос энергии в недрах звёзд, законы излучения).

- *Спектр и спектральный анализ* (спектры различных космических источников и спектральный анализ в астрономии; эффект Доплера).

- *Строение атомов, термоядерные реакции* (образование спектральных линий в спектрах космических источников; термоядерные реакции в недрах звёзд).

- *Элементарные частицы* (протоны, нейтроны, электроны как частицы, образующие атомы, фотоны как носители энергии электромагнитного излучения, поток нейтрино от Солнца, космические лучи как высокоэнергичные частицы космического происхождения).

**Математика.** В курсе астрономии требуется знание *элементов геометрии и тригонометрических функций* (небесная сфера, параллакс), операций со степенями — *стандартная форма записи больших чисел* (астрофизическая часть курса), *логарифмы* (звёздные величины).

**География.** *Страны света, система географических координат, климатические условия* (небесная сфера; небесные координаты; зависимость энергии, получаемой от Солнца, от географической широты места).

**Химия.** *Химические элементы* (химический состав звёзд и межзвёздной среды, происхождение химических элементов, молекулы, в том числе органические, в межзвёздном пространстве).

**История.** Роль астрономии в истории науки и цивилизации, датировка исторических событий по астрономическим явлениям.

**Биология.** Изучение возможных условий возникновения жизни на Земле и других планетах, проблема распространённости жизни во Вселенной и поиска её следов.

**Экология.** Проблема космического мусора, космические угрозы (влияние на Землю активных процессов на Солнце, радиация в космическом пространстве, астероидная опасность).

Таким образом, из курса астрономии должно с очевидностью вытекать, что астрономия не является изолированной дисциплиной и тесно связана с другими научными направлениями. Поэтому через астрономию может быть привит или углублён интерес не только к изучению мира астрономических явлений, но и к смежным наукам, как и

к научно-познавательному творчеству вообще. Это — важнейшая задача школьного курса астрономии.

## **Проектная работа**

Федеральный государственный образовательный стандарт среднего общего образования (ФГОС СОО) определяет в качестве одной из форм учебной работы организацию проектной деятельности школьников. Выполняя проектную работу, учащийся учится самостоятельно ставить цели и задачи своего исследования, понимать, какой результат он должен получить. Работая с различными источниками информации или выполняя лабораторные измерения, школьник учится собирать, систематизировать и анализировать полученные данные, формулировать выводы.

ФГОС СОО среди основных направлений проектной деятельности обучающихся называет исследовательское, инженерное, прикладное, информационное, социальное, игровое, творческое. Практически в любом из этих направлений можно выполнить проектную работу по астрономии.

Межпредметные проекты, объединяющие астрономию с физикой, химией, историей и другими предметами, позволяют реализовывать метапредметные связи, достигать планируемых результатов, представленных во ФГОС, при оценке работы определять уровень сформированности основных знаний, умений и навыков учащихся.

Наиболее популярными среди школьников являются реферативные работы. При выполнении такого проекта школьник получает навыки работы с литературой и с информацией в Интернете, учится систематизировать и анализировать информацию, критически оценивать её, делать обобщающие заключения.

Например, работая над проектом по теме «Космический телескоп „Хаббл“» (может быть представлен на уроке 18 или 19), учащийся знакомится сам и знакомит своих одноклассников не только с историей создания «Хаббла», запуском и его работой на орбите. Представляя объекты, фотографии которых этот телескоп на протяжении более четверти века передавал на Землю, автор проекта выясня-

ет подробности об этих объектах: планетах, галактиках, туманностях и т. п. Разбирая подробно устройство космического телескопа, он применяет знания из физики. Выбрав темой реферативной работы более подробное исследование о третьем этапе развития астрономии, учащийся может рассказать о том, как начинались астрофотографические и астрометрические исследования в одной из отечественных обсерваторий, например Пулковской обсерватории или обсерватории Московского университета. Работая с научными и научно-популярными публикациями разных лет, которые можно найти в библиотеках, на соответствующих интернет-сайтах или, если имеется такая возможность, в архивах музея (сотрудники таких музеев, как правило, идут навстречу и помогают школьникам в исследовательской работе), учащиеся узнают не только о физических основах астрономических приборов и инструментов, об астрономических исследованиях, но и об отечественных учёных, которые развивали российскую науку, закладывали фундамент современной астрономии.

Практические проектные работы по астрономии можно условно разделить на несколько типов: лабораторные, учебно-исследовательские, опытно-конструкторские, научно-практические<sup>1</sup>. В отдельный класс можно выделить наблюдения астрономических объектов.

## Источники информации

В настоящее время в открытом доступе существует множество информационных ресурсов, в том числе астрономических. Учителю важно знать *надёжные интернет-ресурсы*, где можно найти огромный массив информации по астрономии и смежным наукам, а также видеоматериалы, которые полезно использовать, кроме прочего, и в качест-

---

<sup>1</sup> О практических работах по астрономии подробнее см. статью А. М. Татарникова, М. П. Татарникова «Исследовательские и проектные работы школьников по астрономии» в сборнике «Астрономия в современной школе» (М. : Просвещение : УчЛит, 2017).



ве иллюстративного материала на занятиях. Однако нужно помнить, что доверять стоит только тем сайтам, которые созданы и поддерживаются людьми, профессионально разбирающимися в интересующей нас области. К таким можно отнести, например, следующие.

### **Сайты для учителя**

- Российская ассоциация учителей астрономии <https://sites.google.com/site/auastro/>

- Интересные задачи на любой уровень: Иванов и др. «Парадоксальная вселенная» <http://www.astro.spbu.ru/staff/viva/Book/Book.html>

- «Открытый колледж» <http://www.college.ru/astronomy/>

- Сайты Н. Е. Шатовской содержат информацию о дистанционном преподавании астрономии: <https://distant.msu.ru/course/index.php?categoryid=85>, а также большой объём информации методического плана и дидактические материалы: <http://www.myastronomy.ru/>

### **Популярные лекции, беседы, презентации на разные научные темы**

- Пост-наука <https://postnauka.ru/themes/universe>
- ГАИШ МГУ <http://www.sai.msu.ru/amateur/index.html>
- Московский планетарий [https://www.youtube.com/playlist?list=PLyPH1TcedtQvwoY-\\_yh9-5ou9AXX7kf\\_B](https://www.youtube.com/playlist?list=PLyPH1TcedtQvwoY-_yh9-5ou9AXX7kf_B)

### **Новостные астрономические сайты**

- <http://www.astronet.ru/>
- <http://www.novosti-kosmonavтики.ru/>
- <http://www.theuniversetimes.ru/>
- <http://www.astronews.ru/>
- <http://sci-dig.ru/category/astronomy/>

### **Для любителей астрономии**

- Астрофорум <http://www.astronomy.ru/forum/>
- Интернет-журнал <http://galspace.spb.ru/index-nov.html>

## Поурочно-тематическое планирование

| №<br>урока                                 | Название<br>темы                                     | Содержание темы                                                                                                                                                                                                                                           | Рекоменду-<br>емое кол-во<br>часов | Оборудо-<br>вание                          | Д/з    |
|--------------------------------------------|------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------------|--------|
| <b>Астрономия: её задачи и возможности</b> |                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                           |                                    |                                            |        |
| 1                                          | Чем занимается астрономия. Этапы развития астрономии | Как зарождалась астрономия; влияние астрономии на развитие цивилизации; как изменились цели и задачи астрономии за прошедшие эпохи и в чём они заключаются в настоящее время; четыре этапа развития астрономии как науки; перспективы развития астрономии | 1                                  | Медиапроектор, экран, карта звёздного неба | § 1, 2 |
| 2                                          | Космическая деятельность человека                    | Вывод научных приборов в стратосферу; развитие ракетной техники; начало космической эры человечества. Основные этапы развития отечественной космонавтики, демонстрирующие роль нашей страны в развитии космической деятельности человечества              | 1                                  | Медиапроектор, экран                       | § 3    |

| №<br>урока                           | Название<br>темы                                                                         | Содержание темы                                                                                                                                                                                                                                       | Рекоменду-<br>емое кол-во<br>часов | Оборудо-<br>вание                                          | Д/з       |
|--------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------------------------------|-----------|
| 3                                    | Пространст-<br>венные мас-<br>штабы<br>изучаемой<br>Вселенной                            | Определение расстояний в астро-<br>номии. Прямые и косвенные ме-<br>тоды решения этой задачи. Еди-<br>ницы измерений: параллакс, аст-<br>рономическая единица, световой<br>год. Расстояния в Солнечной си-<br>стеме. Расстояния до ближайших<br>звёзд | 1                                  | Медиапро-<br>ектор,<br>экран                               | § 4       |
| <b>Видимые движения небесных тел</b> |                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                       |                                    |                                                            |           |
| 4                                    | Небо дневное<br>и ночное.<br>Созвездия<br>и астеризмы                                    | Видимые на небе объекты; небес-<br>ная сфера — модель; яркость звёзд;<br>Гиппарх; звёздная величина;<br>созвездия и астеризмы; названия<br>звёзд и созвездий                                                                                          | 1                                  | Медиапро-<br>ектор, эк-<br>ран, карта<br>звёздного<br>неба | § 5,<br>6 |
| 5                                    | Карта звёздно-<br>го неба.<br>Наблюдаемые<br>движения<br>звёзд, планет,<br>Солнца и Луны | Вид звёздного неба в разные сезо-<br>ны; линии и точки небесной сфе-<br>ры; звёздные карты и атласы.<br>Движение Луны, Солнца и планет                                                                                                                | 1                                  | Медиапро-<br>ектор, эк-<br>ран, карта<br>звёздного<br>неба | § 7,<br>8 |

|                                                              |                                                 |                                                                                                                                                                      |   |                                                           |          |
|--------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|-----------------------------------------------------------|----------|
| 6                                                            | Системы небесных координат                      | Горизонтальная и экваториальная системы небесных координат                                                                                                           | 1 | Медианпроектор, экран, карта звёздного неба               | § 9      |
| 7                                                            | Время и календарь                               | Солнечные и звёздные сутки; тропический год; синодический и сидерический периоды; календарь — система счёта времени                                                  | 1 | Медианпроектор, экран                                     | § 10     |
| 8                                                            | Движение планет. Затмения Луны и Солнца         | Видимое и действительное движение планет; петлеобразное движение планет; конфигурации планет; затмения                                                               | 1 | Медианпроектор, экран, теллурий                           | § 11, 12 |
| <b>Движение космических тел под действием сил гравитации</b> |                                                 |                                                                                                                                                                      |   |                                                           |          |
| 9                                                            | Геоцентрическая система мира. Система Коперника | Системы мира Аристотеля, Птолемея и Коперника; математические модели, позволявшие вычислять положение планет; переход от геоцентрической системы к гелиоцентрической | 1 | Медианпроектор, экран, теллурий, модель Солнечной системы | § 13, 14 |

| № урока                  | Название темы                                                            | Содержание темы                                                                                                                            | Рекомендуемое кол-во часов | Оборудование                                    | Д/з      |
|--------------------------|--------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|-------------------------------------------------|----------|
| 10                       | Движение планет вокруг Солнца. Законы Кеплера                            | Тихо Браге и Иоганн Кеплер; открытые законы движения планет                                                                                | 1                          | Медиапроектор, экран, астрономический календарь | § 15     |
| 11                       | Закон всемирного тяготения                                               | Роберт Гук и Исаак Ньютон; законы движения планет как следствия законов механики Ньютона и закона всемирного тяготения                     | 1                          | Медиапроектор, экран                            | § 16     |
| 12                       | Орбиты космических тел. Небесная механика и орбиты космических аппаратов | Расчёт траекторий тел, движущихся под действием сил гравитации; искусственные спутники Земли; первая, вторая и третья космические скорости | 1                          | Медиапроектор, экран                            | § 17, 18 |
| <b>Солнечная система</b> |                                                                          |                                                                                                                                            |                            |                                                 |          |
| 13                       | Общий обзор Солнечной системы                                            | Состав Солнечной системы, её масштабы, физические свойства планет и их спутников                                                           | 1                          | Медиапроектор, экран, фотоаппарат               | § 19     |

|                                            |                                                |                                                                                                                                     |   |                                |          |
|--------------------------------------------|------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|--------------------------------|----------|
|                                            |                                                |                                                                                                                                     |   | графи<br>планет                |          |
| 14                                         | Планеты-карлики и малые тела Солнечной системы | Малые тела Солнечной системы, значение их исследований                                                                              | 1 | Медиапроектор, экран           | § 20     |
| 15                                         | Метеоры, метеориты и астероидная опасность     | Метеоры, метеориты, астероиды как объекты научных исследований                                                                      | 1 | Медиапроектор, экран           | § 21     |
| 16                                         | Экзопланеты                                    | Экзопланеты — планеты у других звёзд. Методы их наблюдений и открытий                                                               | 1 | Медиапроектор, экран           | § 22     |
| 17                                         | Промежуточный контроль                         | <i>Контрольная работа № 1</i>                                                                                                       | 1 |                                |          |
| <b>Методы астрономических исследований</b> |                                                |                                                                                                                                     |   |                                |          |
| 18                                         | Типы астрономических измерений. Телескопы      | Способы астрономических исследований в разные эпохи. Как сейчас астрономы изучают Вселенную? Современные телескопы и их возможности | 1 | Телескоп, медиапроектор, экран | § 23, 24 |

| №<br>урока             | Название<br>темы                                                                               | Содержание темы                                                                                                                                                                                                                 | Рекоменду-<br>емое кол-во<br>часов | Оборудо-<br>вание                                                              | Д/з                |
|------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
| 19                     | Шкала электромагнитных волн.<br>Внеатмосферные астрономические наблюдения. Спектральный анализ | Всеволоновой характер астрономических исследований: наземные наблюдения в оптическом диапазоне; внеатмосферные космические обсерватории; спектральный анализ — основной метод получения информации о далёких объектах Вселенной | 1                                  | Таблица<br>«Шкала электромагнитных волн»,<br>медиапроектор, экран, спектроскоп | § 25,<br>26,<br>27 |
| 20                     | Промежуточный контроль                                                                         | <i>Контрольная работа № 2</i>                                                                                                                                                                                                   | 1                                  |                                                                                |                    |
| <b>Солнце и звёзды</b> |                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                 |                                    |                                                                                |                    |
| 21                     | Солнце как звезда.<br>Атмосфера Солнца и солнечный ветер                                       | Солнце — ближайшая к нам звезда: его строение, характеристики, физические процессы                                                                                                                                              | 1                                  | Медиапроектор, экран                                                           | § 28,<br>29        |

|    |                                                                                                                                          |                                                                                                       |   |                              |             |
|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|------------------------------|-------------|
| 22 | Солнечная<br>активность                                                                                                                  | Жизнь Солнца и его влияние на<br>жизнь Земли                                                          | 1 | Медиапро-<br>ектор,<br>экран | § 30        |
| 23 | Звёзды как<br>газовые шары.<br>Состав, физи-<br>ческие свой-<br>ства и строе-<br>ние звёзд.<br>Источники<br>энергии<br>Солнца<br>и звёзд | От чего зависят физические свой-<br>ства звёзд, откуда берётся их<br>энергия. Разнообразие мира звёзд | 1 | Медиапро-<br>ектор,<br>экран | § 31,<br>32 |
| 24 | Эволюция<br>Солнца и звёзд<br>и конечные<br>стадии эволю-<br>ции                                                                         | Как рождаются, живут и умира-<br>ют звёзды                                                            | 1 | Медиапро-<br>ектор,<br>экран | § 33        |
| 25 | Переменные<br>и взрываю-<br>щиеся<br>звёзды                                                                                              | Звёзды, меняющие блеск. Причи-<br>ны переменности звёзд, типы пе-<br>ременных звёзд                   | 1 | Медиапро-<br>ектор,<br>экран | § 34        |



| № урока   | Название темы                                                                                                                     | Содержание темы                                                                                                     | Рекомендуемое кол-во часов | Оборудование         | Д/з      |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|----------------------|----------|
| Галактики |                                                                                                                                   |                                                                                                                     |                            |                      |          |
| 26        | Наша Галактика — Млечный Путь. Состав и структура Галактики. Движение звёзд и вращение Галактики                                  | Млечный Путь — наша звёздная система. История открытия, современное представление о нашей Галактике                 | 1                          | Медиапроектор, экран | § 35, 36 |
| 27        | Межзвёздная среда. Космические лучи и межзвёздное магнитное поле. Газовые облака. Образование звёзд и планет из межзвёздной среды | Чем заполнено пространство между звёздами и галактиками. Как и из чего рождаются звёзды? Как формируются галактики? | 1                          | Медиапроектор, экран | § 37     |

|                           |                                                                                                                      |                                                                                                                                                      |   |                      |          |
|---------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|----------------------|----------|
| 28                        | Галактики различных типов и их наблюдаемые особенности. Взаимодействующие галактики. Активные ядра галактик. Квазары | Типы галактик. Что происходит в звёздных системах и как они взаимодействуют между собой. Эволюция галактик                                           | 1 | Медиапроектор, экран | § 38     |
| <b>Эволюция Вселенной</b> |                                                                                                                      |                                                                                                                                                      |   |                      |          |
| 29                        | Необратимые изменения во Вселенной. Красное смещение и расширение Вселенной. Постоянная Хаббла                       | Наш мир — Вселенная. Наблюдаемые процессы во Вселенной. Разнообразие мира звёзд и галактик. Вещество во Вселенной. Расширение Вселенной с ускорением | 1 | Медиапроектор, экран | § 39, 40 |
| 30                        | Модели расширяющейся Вселенной                                                                                       | История изучения Вселенной. Наблюдаемые подтверждения математических моделей Вселенной                                                               | 1 | Медиапроектор, экран | § 41     |

| № урока | Название темы                                 | Содержание темы                                                                                                 | Рекомендуемое кол-во часов | Оборудование         | Д/з  |
|---------|-----------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|----------------------|------|
| 31      | Фоновое электромагнитное реликтовое излучение | Что такое реликтовое излучение? Как оно было открыто и в чём его значение?                                      | 1                          | Медиапроектор, экран | § 42 |
| 32      | Далёкое прошлое Вселенной                     | Как возникла наша Вселенная? Что известно к настоящему моменту о её прошлом и как она будет развиваться дальше? | 1                          | Медиапроектор, экран | § 43 |
| 33      | Итоговый контроль                             | <i>Контрольная работа № 3</i>                                                                                   | 1                          |                      |      |
|         | Резерв                                        |                                                                                                                 | 1                          |                      |      |
| Итого   |                                               |                                                                                                                 | 34                         |                      |      |

# Дидактический материал

## Ответы и решения наиболее сложных задач к каждой главе учебника «Астрономия. 10—11 классы»

### Глава 1. С. 34. Задача 2

Если все масштабы уменьшить так, что Земля станет размером с глобус диаметром 30 см, то как далеко в этом масштабе окажется Луна, Солнце, Марс, ближайшая к Солнцу звезда, Туманность Андромеды?

**Примечание.** Расстояние до Марса меняется в результате орбитального движения Земли и Марса. Максимальное и минимальное расстояния можно определить, используя Таблицу 2, где даны радиусы орбит планет. Для остальных объектов расстояния приводятся в тексте учебника.

*Решение.*

Принимая диаметр Земли примерно равным 13 тыс. км, а диаметр глобуса равным 30 см, получаем примерный масштаб 1 : 40 млн.

Разделив реальные расстояния на 40 млн, получаем:

до Луны — около 10 м;

до Солнца — около 4 км;

до Марса — от 1,5 до 9 км;

до  $\alpha$  Кентавра — около 1 млн км;

до Туманности Андромеды — около 5000 а. е.

Как показывает опыт, проводить даже простейшие арифметические операции старшеклассники не умеют. Задача в этом плане очень полезна.

Ответ: до Луны — около 10 м, до Солнца — около 4 км, до Марса — от 1,5 до 9 км, до  $\alpha$  Кентавра — около 1 млн км, до Туманности Андромеды — около 5000 а. е.

### Глава 2. С. 80. Задача 1

Какую звёздную величину имеет звезда, которая по видимой яркости в миллион раз слабее звезды первой звёздной величины?

*Решение.*

Число  $10^6$  можно представить как  $100 \times 100 \times 100$ . Это соответствует разнице в звёздных величинах  $\Delta m = 5 + 5 + 5 = 15$ . Поэтому звёздная величина тусклой звезды составляет  $15^m + 1^m = 16^m$ .

Ответ:  $16^m$ .

### Глава 3. С. 102. Задача 4

Луна ближе к Земле, чем Солнце, примерно в 400 раз. Период движения Луны вокруг Земли составляет примерно  $1/13$  часть года. Исходя из этого, оцените, во сколько раз Солнце массивнее Земли.

*Решение.*

Орбиты Земли и Солнца считаем круговыми. Обозначая индексами «з», «л» и «с» величины, относящиеся к Земле, Луне и Солнцу, получаем из формулы для круговой скорости выражения для масс центральных тел:

$$M_c = V_z^2 R_z / G,$$

$$M_z = V_l^2 R_l / G.$$

Учитывая, что скорость движения на орбите равна отношению длины окружности к периоду обращения  $V = 2\pi R/T$ , и подставляя  $V$  в приведённые выше формулы, получаем, что

$$M_c/M_z = (R_z/R_l)^3 (T_l/T_z)^2 = 400^3 (1/13)^2 \approx 380\,000 \text{ раз.}$$

Ответ: в 380 000 раз.

### Глава 4. С. 156. Задача 3

Чему равно ускорение свободного падения вблизи поверхности и вторая космическая скорость для шарообразного ядра кометы с плотностью вещества  $1 \text{ г/см}^3$  и диаметром 5 км?

*Решение.*

Масса кометы  $M = (4\pi/3)R^3\rho$ , где  $R = 2,5 \text{ км}$ , а  $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$ .

Отсюда  $M = 6,5 \cdot 10^{13} \text{ кг}$ .

Для ускорения находим:

$$a = GM/R^2 = 6,67 \cdot 10^{-11} \times 6,5 \cdot 10^{13} / 6,25 \cdot 10^6 = 7 \cdot 10^{-4} \text{ м/с}^2, \text{ т. е. вес всех тел будет более чем в 10 тысяч раз меньше, чем на Земле, где } g = 9,8 \text{ м/с}^2.$$

Ответ:  $7 \cdot 10^{-4} \text{ м/с}^2$ .

### Глава 5. С. 176. Задача 3

Межзвёздный водород излучает в радиодиапазоне на длине волны 21 см. На какой длине волны приходит к нам излучение водорода в этой линии от галактики, которая удаляется от нас со скоростью 30 тыс. км/с?

*Решение.*

Согласно эффекту Доплера, изменение длины волны составляет

$\Delta\lambda = \lambda V/c = 2,1$  см. Излучение водорода будет приходиться на длине волны 22,1 см.

Ответ: 22,1 см.

### Глава 6. С. 231. Задача 2\*

Две одинаковые звезды обращаются по круговым орбитам вокруг общего центра масс с периодом 100 лет, а расстояние между ними — 100 а. е. Найдите массу звёзд. (Указание: сравните звёздную систему с системой «Солнце — Земля».)

*Решение.*

Сравнивая периоды обращения  $T_s$ ,  $T_z$  и радиусы орбит  $R_s$ ,  $R_z$  для Земли (индекс «з») и звёзд (индекс «s») и учитывая, что  $R_s = D/2$ , где  $D$  — расстояние между звёздами, получаем для отношения скорости движения звёзд и Земли:

$$V_s/V_z = (R_s/T_s)/(R_z/T_z) = 1/2.$$

Масса Солнца ( $M_\odot$ ) связана с периодом обращения Земли соотношением для круговой скорости:

$$M_\odot = V_z^2 R_z / G.$$

Каждая из звёзд движется с ускорением под действием силы притяжения второй звезды:

$a_s = GM_s/D^2$ , где  $D = 100$  а. е. — расстояние между звёздами. Приравнявая  $a_s$  к центростремительному ускорению  $a_a = V_s^2/(D/2)$ , получаем для массы каждой из звёзд:

$$M_s = 2V_s^2 D / G.$$

Откуда для отношения масс Солнца и звёзд получаем:

$$M_s/M_\odot = 2(V_s/V_z)^2 2D/R_z = 50.$$

Заметим, что звёзды с такой массой  $50 M_\odot$  встречаются очень редко и быстро заканчивают свою жизнь взрывом Сверхновой.

Ответ:  $50 M_\odot$ .

### Глава 6. С. 231. Задача 4\*

Светимость звёзд часто характеризуют *абсолютной звёздной величиной*  $M$ . Она равна видимой звёздной величине, которую звезда имела бы, находясь на расстоянии 10 пк. Абсолютная звёздная величина Солнца приблизительно равна +5. Чему равно значение  $M$  для звёзд со светимостью: а)  $100 L_{\odot}$ ; б)  $0,1 L_{\odot}$ ?

*Решение.*

Если звезду условно поместить на расстояние 10 пк и сравнить с Солнцем на этом расстоянии, то в случае «а» она будет светить ярче Солнца в 100 раз, а значит, её звездная величина будет на  $5^m$  меньше, чем у Солнца, т. е.  $M = 0$ . В случае «б» звезда будет в 10 раз слабее, и разность звёздных величин составит

$$\Delta m = -2,5 \lg(1/10) = +2,5 \lg 10 = +2,5. \text{ Отсюда } M = 5^m + 2,5^m = 7,5^m.$$

Несложно получить общую формулу:

$M = m - 5 \lg D + 5$ , где расстояние  $D$  выражено в парсеках. При  $D = 10$  пк имеем  $M = m$ .

Ответ: а) 0; б)  $7,5^m$ .

### Глава 6. С. 232. Задача 8\*

На каком расстоянии от нас должен произойти взрыв сверхновой звезды, чтобы мы видели его таким же ярким, как Солнце? Считать, что в максимуме блеска светимость сверхновой звезды достигает  $10^{10} L_{\odot}$ .

*Решение.*

Поскольку сила света (поток) убывает как квадрат расстояния до источника, взрыв звезды должен произойти в  $(10^{10})^{1/2}$  раз дальше от нас, чем Солнце, т. е. на расстоянии  $10^5$  а. е. Это в 2,7 раза меньше расстояния до ближайшей к Солнцу звезды.

Ответ:  $10^5$  а. е.

### Глава 7. С. 272. Задача 3\*

На сколько (примерно) звёздных величин межзвёздная пыль ослабляет яркость звезды, находящейся вблизи плоскости Галактики, если яркость в направлении на звезду ослабляется в 2,5 раза на расстоянии 1 кпк, а до звезды расстояние 10 тыс. св. лет?

*Решение.*

10 тыс. св. лет — это примерно 3 тыс. парсеков. Если на пути в 1 кпк яркость ослабляется в 2,5 раза, то на пути в 3 кпк ослабление составит  $2,5 \times 2,5 \times 2,5 = (2,5)^3 = 15,6$  раз. Видимая звёздная величина звёзд возрастет на  $\Delta m = -2,5 \lg(15,6) = 3^m$ .

Ответ:  $3^m$ .

### **Глава 7. С. 272. Задача 8\***

Светимость квазара составляет  $10^{10}$  светимостей Солнца. Какую видимую звёздную величину имел бы квазар, если бы он находился в ядре ближайшей к нам гигантской галактики Туманность Андромеды? Был ли бы он виден невооружённым глазом? Считать, что расстояние до Туманности Андромеды около 800 тыс. пк, а видимая (с Земли) звёздная величина Солнца равна  $-27$ .

*Решение.*

Найдём сначала, какая видимая звёздная величина была бы у Солнца, если бы оно располагалось в Туманности Андромеды. Для этого переведём сначала расстояние  $D = 800$  тыс. пк в астрономические единицы, считая, что  $1 \text{ пк} \approx 2 \cdot 10^5 \text{ а. е.}$ :  $D = 8 \cdot 10^5 \text{ пк} \times 2 \cdot 10^5 = 1,6 \cdot 10^{11} \text{ а. е.}$  Если переместить Солнце на это расстояние, его звёздная величина будет равна  $-27 + 5 \lg(1,6 \cdot 10^{11}) = -27 + 56 = +29^m$ . Поскольку квазар в  $10^{10}$  раз превышает Солнце по светимости, то, находясь на том же расстоянии, что и Солнце, он будет иметь звёздную величину, меньшую, чем у Солнца, на  $2,5 \lg 10^{10} = 25^m$ . Следовательно, его видимая звёздная величина составила бы  $25^m - 29^m = -4^m$ . Квазар выглядел бы ярче Венеры!

Ответ:  $-4^m$ .

### **Глава 8. С. 289. Задача 2**

Предполагая, что скорости далёких галактик друг относительно друга мало меняются со временем, найдите, чему будет равно значение постоянной Хаббла  $H_0$  через 2 млрд лет. Современное значение  $H_0$  принять равным  $70 \text{ км}/(\text{с} \cdot \text{Мпк})$ .

*Решение.*

Постоянная Хаббла определяется как отношение скорости удаления далёких галактик к расстоянию до них



$H_0 = V/D$ . Через промежуток времени  $t$  расстояние возрастёт на величину  $Vt$ , и постоянная Хаббла станет равной  $H(t) = V/(D + Vt) = V/[D(1+Vt/D)] = H_0/(1+H_0t)$ . Таким образом, постоянная Хаббла уменьшится в  $(1 + t/T_0)$  раз, где  $T_0 = 1/H_0$ , что для  $H_0 = 70$  км/(с · Мпк) составляет  $4 \cdot 10^{17}$  с, или около 13 млрд лет. Таким образом, коэффициент  $(1 + t/T_0)$  составит  $(1 + 2/13) = 1,15$ . Следовательно, постоянная Хаббла уменьшится на 15 %.

Ответ: уменьшится на 15 %.

### Глава 8. С. 289. Задача 3\*

Во сколько раз (примерно) возросли длины волн реликтового излучения из-за расширения Вселенной, если оно возникло в газе, температура которого была близка к 3000 К? (Указание: воспользуйтесь законом Вина.)

*Решение.*

Согласно закону Вина, длина волны максимума в спектре теплового излучения (в спектре абсолютно чёрного тела) сдвигается в сторону более длинных волн пропорционально  $1/T$ , где  $T$  — абсолютная температура. Если спектр реликтового излучения в настоящую эпоху такой же, как у среды, нагретой до 3 К, а излучала среда с температурой 3000 К, то это означает, что длины волн из-за расширения Вселенной возросли в тысячу раз за то время, пока излучение дошло до нас.

Ответ: возросли в тысячу раз.

## Проверочные работы

В приложении к учебнику приведены таблицы данных о созвездиях, звёздах, планетах и их спутниках. Таблицы играют двоякую роль. Во-первых, это иллюстративно-справочный материал, который всегда под рукой, и его удобно использовать при работе над материалом учебника. Во-вторых, табличные данные можно применить как основу для составления вопросов и задач, которые полезно разобрать на уроках или использовать для проверочных заданий. Ниже мы приводим примеры таких задач и вопросов.

Таблица 1.

### Созвездия

- Найдите на звёздной карте самое большое и самое маленькое по площади созвездие. Видны ли они на широте вашего населённого пункта?
- Найдите на звёздной карте созвездие с самым большим числом ярких звёзд и самым большим числом звёзд, доступных невооружённому глазу (до 5,5 звёздной величины).
- Какое из зодиакальных созвездий содержит наибольшее число ярких звёзд (*вариант*: наибольшее число слабых звёзд)? Когда в нём бывает Солнце?
- В каком из перечисленных ниже созвездий слабые звёзды расположены «теснее» всего, то есть их число в расчёте на один квадратный градус площади неба наиболее высокое? *Пегас, Скорпион, Телец, Эридан.*

Таблица 2.

### Элементы орбит планет Солнечной системы

- Проверьте выполнение третьего закона Кеплера по данным таблицы.
- Используя значения периода обращения планеты по орбите, определите, через какой промежуток времени наступают противостояния Марса (или Юпитера).
- Используя значения периода обращения планеты по орбите, определите, через какой промежуток времени наступают соединения Меркурия (Венеры).
- Через какой период времени происходят противостояния Юпитера для наблюдателя на Марсе?
- Используя данные об эксцентриситетах орбит  $e$ , определите, на сколько процентов орбитальная скорость планеты (по выбору) выше в перигелии, чем в афелии. Укажите. Воспользуйтесь вторым законом Кеплера (или законом сохранения момента импульса). Используйте определение эксцентриситета:  $e = \frac{c}{a}$ , где  $c$  — расстояние от фокуса до центра эллипса,  $a$  — большая полуось эллипса.
- Используя данные об эксцентриситетах орбит  $e$ , определите, на сколько километров меняется расстояние от Солнца до планеты (по выбору) при её обращении вокруг Солнца

за период её обращения (*вариант*: на сколько процентов меняется поток энергии от Солнца за период обращения).

Таблица 3.

### **Физические характеристики планет Солнечной системы**

- Почему ближайшие к Солнцу планеты самые плотные?
- Какой была бы масса Юпитера (Сатурна), если бы плотность этой планеты была такой же, как у Земли?
- Зная радиус планеты и её массу, оцените ускорение свободного падения вблизи планеты.
- Во сколько раз тела на Меркурии и Марсе весят меньше, чем на Земле?
- Используя значение наклона орбиты и среднего расстояния от Солнца, оцените, на какое максимальное расстояние удаляется планета (по выбору) от плоскости эклиптики.
- По периоду осевого вращения и радиусу планеты (по выбору) оцените линейную скорость осевого вращения точек на экваторе планеты.

Таблица 4.

### **Параметры планет-карликов**

Большинство задач к таблицам 2 и 3 можно использовать и для планет-карликов.

Таблица 5.

### **Спутники планет (важнейшие)**

- Какие спутники по диаметру и (или) массе превосходят планету Меркурий?
- Спутники Сатурна и более далёких планет имеют плотность значительно ниже, чем у планет земной группы. О чём это может говорить?
- За какой промежуток времени наблюдатель, находящийся на спутнике Юпитера Амальтея, может осмотреть Юпитер со всех сторон?
- Сравните суммарную массу всех приведённых в таблице спутников с массой Земли.
- Какие из приведённых в таблице спутников находятся в пределах трёх диаметров планеты?

- Какой спутник совершает наибольшее количество оборотов вокруг планеты за один год на планете?
- На каком из перечисленных спутников вес тел будет наименьшим (*вариант: наибольшим*)?

Таблица 6.

### **Яркие звёзды**

- Звёзды каких спектральных классов встречаются чаще всего среди ярких звёзд?
- Определите по видимым звёздным величинам, во сколько раз Сириус ярче Веги, а Бетельгейзе ярче Спика.
- По расстоянию и видимой звёздной величине оцените абсолютную звёздную величину звезды (по выбору).
- Среди перечисленных в таблице наиболее ярких звёзд неба нет ни одной с такими же спектральными характеристиками, как у Солнца. С чем это может быть связано?
- Зная, что температура звёзд класса А равна около 10 тыс. К, определите размер звёзд этого класса, исходя из их светимости (воспользуйтесь законом Стефана — Больцмана и сравнением с Солнцем). *Вариант:* Оцените размер для звёзд класса М с температурой 3000 К. *Вариант:* Определите, какая звезда из таблицы имеет самый маленький размер.
- Известно, что около 90 % звёзд принадлежит главной последовательности. Тем не менее в таблице таких звёзд меньше половины. Почему?

## **Контрольные работы**

### **Контрольная работа № 1**

1. Перечислите, что, кроме Луны и звёзд, можно увидеть на ясном ночном небе невооружённым глазом.
2. Почему представление об обращении Земли вокруг Солнца долгое время даже после Коперника многими отвергалось?
3. Зачем создавать космические обсерватории, если дешевле построить их на Земле?
4. Если нанести Солнце и Землю на карту масштабом 1 см : 100 000 км, то какое расстояние между ними будет на карте?

5. За сколько минут свет доходит от Солнца до самой далёкой из больших планет Солнечной системы (Нептуна), если радиус его орбиты составляет 30 а. е.?

6. На каком расстоянии от зенита видна Полярная звезда в Санкт-Петербурге (широта  $60^\circ$ )?

7. Почему период вращения Земли вокруг оси равен 23 ч 56 мин, т. е. короче суток?

8. Максимальное значение склонения Солнца составляет примерно  $23^\circ$ . На какую максимальную высоту Солнце поднимается летом в Москве (широта Москвы  $56^\circ$ )?

9. Почему лунные затмения наблюдаются чаще солнечных?

10. Почему Коперник в своей гелиоцентрической системе сохранил эпициклы?

11. С какой орбитальной скоростью движется спутник на геостационарной орбите, если её радиус составляет 6,6 радиуса Земли?

12. Как удалось измерить массы планет?

## **Контрольная работа № 2**

1. Во сколько раз Нептун получает от Солнца энергии меньше, чем Земля? Радиус орбиты Нептуна — 30 а. е., а радиус планеты вчетверо больше земного.

2. Почему на Венере и Марсе не может быть озёр, а на спутнике Сатурна Титане они есть?

3. Какие вы знаете способы обнаружения экзопланет?

4. Как происходит смена дня и ночи на Уране? Считайте, что ось его вращения не меняет своего направления и лежит в плоскости орбиты.

## **Контрольная работа № 3**

1. Почему зеркальные объективы телескопов делают не из обычного стекла, а из сплава с почти нулевым коэффициентом теплового расширения?

2. Что такое радиоинтерферометры и для чего они используются?

3. Из чего следует, что хвосты комет — газовые, а ядра комет — твёрдые?

4. В спектре газовой туманности линия излучения водорода с лабораторной длиной волны 656,3 нм наблюдает-

ся на длине волны 655,9 нм. Что можно сказать о скорости её движения относительно Земли?

5. Почему солнечный ветер не достигает поверхности Земли?

6. За какое время солнечный ветер, имеющий скорость около 400 км/с, достигает самой далёкой из больших планет — Нептуна, расстояние до которого 30 а. е.?

7. Почему белые карлики не наблюдаются в других галактиках?

8. Энергия, излучаемая при вспышке новой звезды, достигает  $10^{40}$  Дж. За сколько лет такую энергию излучает в виде света наше Солнце, если его светимость равна  $4 \cdot 10^{27}$  Дж/с?

9. Какие самые массивные объекты входят в состав галактик?

10. Красное смещение галактики  $z = 0,1$ . Каково расстояние до неё в световых годах? Постоянную Хаббла принять равной 70 км/(с · Мпк).

## Ответы к вопросам контрольных работ

### Контрольная работа № 1

1. Объекты перечислены на первой странице главы 1 учебника.

2. Две основные причины: несоответствие общепринятой религиозно-философской картине мира и отсутствие прямых доказательств, прежде всего — наблюдаемого параллактического смещения звёзд, ожидаемого в случае движения Земли вокруг Солнца.

3. Земная атмосфера практически непрозрачна для всех электромагнитных волн, кроме оптической и радиодиапазона спектра.

4.  $150 \cdot 10^6 : 10^5 = 1500$  см, или 15 м.

5. Поскольку свет от Солнца доходит примерно за 8 мин, то до Нептуна он дойдёт за 240 мин, или 4 ч.

6.  $30^\circ$ .

7. Потому что за время одного оборота вокруг оси Земли повернётся ещё примерно на один градус, двигаясь по орбите вокруг Солнца.

8.  $90^\circ - 56^\circ + 23^\circ = 57^\circ$ .

9. Объяснение дано в пункте 12 главы 2 учебника.

10. Коперник продолжал считать, что движения планет происходят по окружностям и с постоянной скоростью. Поскольку это верно лишь приблизительно, для объяснения наблюдаемого движения планет пришлось сохранить систему эпициклов.

11. Задача может быть решена двумя способами.

а) Поскольку радиус Земли  $R$  равен 6370 км, длина окружности орбиты  $2\pi \cdot 6,6R_\oplus \approx 264\,000$  км. Разделив её на период обращения спутника, который составляет 23 ч 56 мин (из условия геостационарности), или 23, 93 ч, получаем ответ: около 11 тыс. км/ч, или около 3 км/с.

Можно предложить более простое решение.

б) Первая космическая скорость для Земли составляет 7,9 км/с. Поскольку с увеличением радиуса орбиты она падает как  $1/\sqrt{R}$ , получаем, что скорость спутника равна  $7,9/\sqrt{6,6} \approx 3$  км/с.

12. Массы планет можно найти по их гравитационному воздействию на другие тела, например, по измерению периодов обращения и радиусов орбит их спутников либо по ускорению астероидов или космических аппаратов, которое они испытывают в гравитационном поле планеты.

## Контрольная работа № 2

1. Получаемая энергия пропорциональна площади тела и обратно пропорциональна квадрату расстояния от Солнца:  $4^2/30^2 \approx 1/56$ .

Ответ: примерно в 56 раз.

2. На Венере нет жидкой воды из-за очень высокой, а на Марсе — из-за очень низкой температуры. На Титане озёра образованы холодными сжиженными газами (этаном, метаном и др.).

3. Способы обнаружения экзопланет описаны в пункте 22 главы 4.

4. Считаем, что ось вращения Урана параллельна плоскости орбиты. Тогда на этой планете ровно полгода длится день и полгода ночь.

### Контрольная работа № 3

1. Качество изображения, которое строит зеркальный объектив, очень чувствительно к форме отражающей поверхности. Коэффициент теплового расширения зеркала должен быть как можно ближе к нулю, чтобы изменения температуры или неоднородный нагрев зеркала не привели к искажению его формы и изображения не потеряли бы свою резкость.

2. Ответ дан в учебнике в пункте 23 главы 5.

3. Хвосты комет прозрачны, и их спектр содержит линии излучения, принадлежащие разным газам. Ядра комет содержат основную массу и ведут себя как твёрдые образования (они имеют определённую форму, могут долго существовать вдали от Солнца, испаряются, теряют вещество или разрушаются при нагреве солнечными лучами). Космические аппараты исследовали твёрдые ядра нескольких комет с близкого расстояния, а на поверхности ядра одной из комет (Чурюмова — Герасименко) работал спускаемый зонд.

4. Длина волны меньше лабораторной, значит, источник приближается к нам. Используя формулу для эффекта Доплера, получаем  $V = c\Delta\lambda/\lambda = 6,1 \cdot 10^{-4} \text{ с} \approx 180 \text{ км/с}$ .

5. Солнечный ветер, приближаясь к Земле, встречает два непреодолимых препятствия: магнитное поле отклоняет движение частиц ветра, поскольку они имеют электрический заряд, заставляя большинство частиц обогнуть Землю, а «прорвавшиеся» частицы гибнут в земной атмосфере, сталкиваясь с атомами воздуха.

6. 30 а. е. — это 4,5 млрд км. Для преодоления расстояния до Нептуна требуется  $4,5 \cdot 10^9 / 4 \cdot 10^2 \approx 1,1 \cdot 10^7 \text{ с}$ .

7. Белые карлики из-за небольшого размера имеют очень низкую светимость, которая ниже, чем светимость звёзд типа Солнца, в десятки тысяч раз.

8.  $10^{40} / 4 \cdot 10^{27} = 2,5 \cdot 10^{12} \text{ с}$ , или около 80 тыс. лет.

9. Самыми массивными объектами Галактики являются: шаровые звёздные скопления, гигантские молекулярные облака (масса тех и других — до нескольких миллионов масс Солнца) и сверхмассивная чёрная дыра в центре Галактики (4 миллиона масс Солнца).

10. Скорость удаления галактики  $V = cz = 30 \text{ тыс. км/с}$ . Используя закон Хаббла, получаем:  $D = V/H_0 = 30\,000/70 \approx 430 \text{ Мпк}$ , или около 1,3 млрд св. лет.



Таблица.

### Каталог Мессье

В конце данного издания приведём каталог туманностей и звёздных скоплений<sup>1</sup>, чрезвычайно популярный среди любителей астрономии, составленный французским астрономом Шарлем Мессье (1730—1817).

#### Обозначения

$\alpha$  — прямое восхождение в часах и минутах, эпоха J2000.0

$\delta$  — склонение в градусах и минутах дуги, эпоха J2000.0

$m_v$  — видимая визуальная звёздная величина

$D$  — видимый (угловой) диаметр или размер в минутах дуги

Рас. ск. — рассеянное скопление

Шар. ск. — шаровое скопление

План. тум. — планетарная туманность

Диф. тум. — диффузная туманность

Гал. S — спиральная галактика

Гал. E — эллиптическая галактика

Гал. Irr — неправильная галактика

Гал. S0 — линзовидная галактика

Ост. СН — остаток сверхновой

Астер. — астеризм (4 звезды)

Обл. МП — «облачко» Млечного Пути

Дв. зв. — двойная звезда

---

<sup>1</sup> Данная ниже таблица приведена из следующего издания: Астрономия : Век XXI / [ред.-сост. В. Г. Сурдин]. — 3-е изд., испр. и доп. — Фрязино : Век-2, 2015. — 624 с.

| Объект | NGC  | Созвездие | Тип       | $\alpha$                          | $\delta$ | $m_V$ | $D$     | Расстояние, тыс. св. лет |
|--------|------|-----------|-----------|-----------------------------------|----------|-------|---------|--------------------------|
| M1     | 1952 | Tau       | Ост. СН   | 05 <sup>h</sup> 34,5 <sup>m</sup> | +22° 01′ | 8,4   | 6′ × 4′ | 6,3                      |
| M2     | 7089 | Aqr       | Шар. ск.  | 21 33,5                           | −00 49   | 6,5   | 12,9    | 36,2                     |
| M3     | 5272 | CVn       | Шар. ск.  | 13 42,2                           | +28 23   | 6,2   | 16,2    | 30,6                     |
| M4     | 6121 | Sco       | Шар. ск.  | 16 23,6                           | −26 32   | 5,6   | 26,3    | 6,8                      |
| M5     | 5904 | Ser       | Шар. ск.  | 15 18,6                           | +02 05   | 5,6   | 17,4    | 22,8                     |
| M6     | 6405 | Sco       | Рас. ск.  | 17 40,1                           | −32 13   | 5,3   | 25,0    | 2                        |
| M7     | 6475 | Sco       | Рас. ск.  | 17 53,9                           | −34 49   | 4,1   | 80,0    | 0,8                      |
| M8     | 6523 | Sgr       | Диф. тум. | 18 03,8                           | −24 23   | 6,0   | 90 × 40 | 5,2                      |
| M9     | 6333 | Oph       | Шар. ск.  | 17 19,2                           | −18 31   | 7,7   | 9,3     | 26,4                     |
| M10    | 6254 | Oph       | Шар. ск.  | 16 57,1                           | −04 06   | 6,6   | 15,1    | 13,4                     |
| M11    | 6705 | Sct       | Рас. ск.  | 18 51,1                           | −06 16   | 6,3   | 14,0    | 6                        |
| M12    | 6218 | Oph       | Шар. ск.  | 16 47,2                           | −01 57   | 6,7   | 14,5    | 17,6                     |
| M13    | 6205 | Her       | Шар. ск.  | 16 41,7                           | +36 28   | 5,8   | 16,6    | 22,8                     |
| M14    | 6402 | Oph       | Шар. ск.  | 17 37,6                           | −03 15   | 7,6   | 11,7    | 27,4                     |
| M15    | 7078 | Peg       | Шар. ск.  | 21 30,0                           | +12 10   | 6,2   | 12,3    | 32,6                     |

| Объект | NGC     | Созвездие | Тип        | $\alpha$ | $\delta$ | $m_V$ | $D$              | Расстояние, тыс. св. лет |
|--------|---------|-----------|------------|----------|----------|-------|------------------|--------------------------|
| M16    | 6611    | Ser       | Рас. ск.   | 18 18,8  | -13 47   | 6,4   | 7,0              | 7                        |
| M17    | 6618    | Sgr       | Шар. ск.   | 18 20,8  | -16 11   | 7,0   | 11,0             | 5                        |
| M18    | 6613    | Sgr       | Рас. ск.   | 18 19,9  | -17 08   | 7,5   | 9,0              | 4,9                      |
| M19    | 6273    | Oph       | Шар. ск.   | 17 02,6  | -26 16   | 6,8   | 13,5             | 27,1                     |
| M20    | 6514    | Sgr       | Диф. тум.  | 18 02,6  | -23 02   | 9,0   | 28,0             | 5,2                      |
| M21    | 6531    | Sgr       | Рас. ск.   | 18 04,6  | -22 30   | 6,5   | 13,0             | 4,25                     |
| M22    | 6656    | Sgr       | Шар. ск.   | 18 36,4  | -23 54   | 5,1   | 24,0             | 10,1                     |
| M23    | 6494    | Sgr       | Рас. ск.   | 17 56,8  | -19 01   | 6,9   | 27,0             | 2,15                     |
| M24    | 6603    | Sgr       | Обл. МП    | 18 16,9  | -18 29   | 4,6   | 90               | 10                       |
| M25    | IC 4725 | Sgr       | Рас. ск.   | 18 31,6  | -19 15   | 6,5   | 40,0             | 2                        |
| M26    | 6694    | Sct       | Рас. ск.   | 18 45,2  | -09 24   | 8,0   | 15,0             | 5                        |
| M27    | 6853    | Vul       | План. тум. | 19 59,6  | +22 43   | 7,4   | $8,0 \times 5,7$ | 1,25                     |
| M28    | 6626    | Sgr       | Шар. ск.   | 18 24,5  | -24 52   | 6,8   | 11,2             | 17,9                     |
| M29    | 6913    | Cyg       | Рас. ск.   | 20 23,9  | +38 32   | 7,1   | 7,0              | 4,0                      |

|     |      |     |           |         |        |     |          |       |
|-----|------|-----|-----------|---------|--------|-----|----------|-------|
| M30 | 7099 | Cap | Шар. ск.  | 21 40,4 | -23 11 | 7,2 | 11,0     | 24,8  |
| M31 | 224  | And | Гал. S    | 00 42,7 | +41 16 | 3,4 | 178 × 63 | 2900  |
| M32 | 221  | And | Гал. E    | 00 42,7 | +40 52 | 8,1 | 8 × 6    | 2900  |
| M33 | 598  | Tri | Гал. S    | 01 33,9 | +30 39 | 5,7 | 73 × 45  | 3000  |
| M34 | 1039 | Per | Рас. ск.  | 02 42,0 | +42 47 | 5,5 | 35,0     | 1,4   |
| M35 | 2168 | Gem | Рас. ск.  | 06 08,9 | +24 20 | 5,3 | 28,0     | 2,8   |
| M36 | 1960 | Aur | Рас. ск.  | 05 36,1 | +34 08 | 6,3 | 12,0     | 4,1   |
| M37 | 2099 | Aur | Рас. ск.  | 05 52,4 | +32 33 | 6,2 | 24,0     | 4,4   |
| M38 | 1912 | Aur | Рас. ск.  | 05 28,4 | +35 50 | 7,4 | 21,0     | 4,2   |
| M39 | 7092 | Cyg | Рас. ск.  | 21 32,2 | +48 26 | 5,2 | 32,0     | 0,825 |
| M40 | WNC4 | UMa | Дв. зв.   | 12 22,4 | +58 05 | 8,4 | 0,8      | 0,51  |
| M41 | 2287 | CMa | Рас. ск.  | 06 46,0 | -20 44 | 4,6 | 38,0     | 2,3   |
| M42 | 1976 | Ori | Диф. тум. | 05 35,4 | -05 27 | 4,0 | 85 × 60  | 1,6   |
| M43 | 1982 | Ori | Диф. тум. | 05 35,6 | -05 16 | 9,0 | 20 × 15  | 1,6   |
| M44 | 2632 | Cnc | Рас. ск.  | 08 40,1 | +19 59 | 3,7 | 95,0     | 0,577 |
| M45 | —    | Tau | Рас. ск.  | 03 47,0 | +24 07 | 1,6 | 110,0    | 0,38  |
| M46 | 2437 | Pup | Рас. ск.  | 07 41,8 | -14 49 | 6,0 | 27,0     | 5,4   |

| Объект | NGC  | Созвездие | Тип        | $\alpha$ | $\delta$ | $m_v$ | $D$              | Расстояние, тыс. св. лет |
|--------|------|-----------|------------|----------|----------|-------|------------------|--------------------------|
| M47    | 2422 | Pup       | Рас. ск.   | 07 36,6  | -14 30   | 5,2   | 30,0             | 1,6                      |
| M48    | 2548 | Pua       | Рас. ск.   | 08 13,8  | -05 48   | 5,5   | 54,0             | 1,5                      |
| M49    | 4472 | Vir       | Гал. Е     | 12 29,8  | +08 00   | 8,4   | $9 \times 7,5$   | 60 000                   |
| M50    | 2323 | Mon       | Рас. ск.   | 07 03,2  | -08 20   | 6,3   | 16,0             | 3                        |
| M51    | 5194 | CVn       | Гал. S     | 13 29,9  | +47 12   | 8,4   | $11 \times 7$    | 37 000                   |
| M52    | 7654 | Cas       | Рас. ск.   | 23 24,2  | +61 35   | 7,3   | 13,0             | 5,0                      |
| M53    | 5024 | Com       | Шар. ск.   | 13 12,9  | +18 10   | 7,6   | 12,6             | 56,4                     |
| M54    | 6715 | Sgr       | Шар. ск.   | 18 55,1  | -30 29   | 7,6   | 9,1              | 82,8                     |
| M55    | 6809 | Sgr       | Шар. ск.   | 19 40,0  | -30 58   | 6,3   | 19,0             | 16,6                     |
| M56    | 6779 | Lyr       | Шар. ск.   | 19 16,6  | +30 11   | 8,3   | 7,1              | 31,6                     |
| M57    | 6720 | Lyr       | План. тум. | 18 53,6  | +33 02   | 8,8   | $1,4 \times 1,0$ | 4,1                      |
| M58    | 4579 | Vir       | Гал. S     | 12 37,7  | +11 49   | 9,7   | $5,5 \times 4,5$ | 60 000                   |
| M59    | 4621 | Vir       | Гал. Е     | 12 42,0  | +11 39   | 9,6   | $5 \times 3,5$   | 60 000                   |
| M60    | 4649 | Vir       | Гал. Е     | 12 43,7  | +11 33   | 8,8   | $7 \times 6$     | 60 000                   |
| M61    | 4303 | Vir       | Гал. S     | 12 21,9  | +04 28   | 9,7   | $6 \times 5,5$   | 60 000                   |

|     |      |     |            |         |        |      |            |        |
|-----|------|-----|------------|---------|--------|------|------------|--------|
| М62 | 6266 | Oph | Шар. ск.   | 17 01,2 | -30 07 | 6,5  | 14,1       | 21,5   |
| М63 | 5055 | CVn | Гал. S     | 13 15,8 | +42 02 | 8,6  | 10 × 6     | 37 000 |
| М64 | 4826 | Com | Гал. S     | 12 56,7 | +21 41 | 8,5  | 9,3 × 5,4  | 19 000 |
| М65 | 3623 | Leo | Гал. S     | 11 18,9 | +13 05 | 9,3  | 8 × 1,5    | 35 000 |
| М66 | 3627 | Leo | Гал. S     | 11 20,2 | +12 59 | 8,9  | 8 × 2,5    | 35 000 |
| М67 | 2682 | Cnc | Рас. ск.   | 08 50,4 | +11 49 | 6,1  | 30,0       | 2,7    |
| М68 | 4590 | Hya | Шар. ск.   | 12 39,5 | -26 45 | 7,8  | 12,0       | 32,3   |
| М69 | 6637 | Sgr | Шар. ск.   | 18 31,4 | -32 21 | 7,6  | 7,1        | 26,7   |
| М70 | 6681 | Sgr | Шар. ск.   | 18 43,2 | -32 18 | 7,9  | 7,8        | 28,0   |
| М71 | 6838 | Sge | Шар. ск.   | 19 53,8 | +18 47 | 8,2  | 7,2        | 11,7   |
| М72 | 6981 | Aqr | Шар.ск.    | 20 53,5 | -12 32 | 9,3  | 5,9        | 52,8   |
| М73 | 6994 | Aqr | Астер.     | 20 58,9 | -12 38 | 9,0  | 2,8        | —      |
| М74 | 628  | Psc | Гал. S     | 01 36,7 | +15 47 | 9,4  | 10,2 × 9,5 | 35 000 |
| М75 | 6864 | Sgr | Шар. ск.   | 20 06,1 | -21 55 | 8,5  | 6,0        | 57,7   |
| М76 | 650  | Per | План. тум. | 01 42,4 | +51 34 | 10,1 | 2,7 × 1,8  | 3,4    |
| М77 | 1068 | Cet | Гал. S     | 02 42,7 | -00 01 | 8,9  | 7 × 6      | 60 000 |
| М78 | 2068 | Ori | Диф. тум.  | 05 46,7 | +00 03 | 8,3  | 8 × 6      | 1,6    |

Продолжение таблицы

| Объект | NGC  | Созвездие | Тип      | $\alpha$ | $\delta$ | $m_V$ | $D$              | Расстояние, тыс. св. лет |
|--------|------|-----------|----------|----------|----------|-------|------------------|--------------------------|
| M79    | 1904 | Lep       | Шар. ск. | 05 24,5  | -24 33   | 7,7   | 8,7              | 41,1                     |
| M80    | 6093 | Sco       | Шар. ск. | 16 17,0  | -22 59   | 7,3   | 8,9              | 27,4                     |
| M81    | 3031 | UMa       | Гал. S   | 09 55,6  | +69 04   | 6,9   | $21 \times 10$   | 12 000                   |
| M82    | 3034 | UMa       | Гал. Irr | 09 55,8  | +69 41   | 8,4   | $9 \times 4$     | 12 000                   |
| M83    | 5236 | Hya       | Гал. S   | 13 37,0  | -29 52   | 7,6   | $11 \times 10$   | 15 000                   |
| M84    | 4374 | Vir       | Гал. S0  | 12 25,1  | +12 53   | 9,1   | 5,0              | 60 000                   |
| M85    | 4382 | Com       | Гал. S0  | 12 25,4  | +18 11   | 9,1   | $7,1 \times 5,2$ | 60 000                   |
| M86    | 4406 | Vir       | Гал. S0  | 12 26,2  | +12 57   | 8,9   | $7,5 \times 5,5$ | 60 000                   |
| M87    | 4486 | Vir       | Гал. E   | 12 30,8  | +12 24   | 8,6   | 7,0              | 60 000                   |
| M88    | 4501 | Com       | Гал. S   | 12 32,0  | +14 25   | 9,6   | $7 \times 4$     | 60 000                   |
| M89    | 4552 | Vir       | Гал. E   | 12 35,7  | +12 33   | 9,8   | 4,0              | 60 000                   |
| M90    | 4569 | Vir       | Гал. S   | 12 36,8  | +13 10   | 9,5   | $9,5 \times 4,5$ | 60 000                   |
| M91    | 4548 | Com       | Гал. S   | 12 35,4  | +14 30   | 10,2  | $5,4 \times 4,4$ | 60 000                   |
| M92    | 6341 | Her       | Шар. ск. | 17 17,1  | +43 08   | 6,4   | 11,2             | 26,4                     |
| M93    | 2447 | Pup       | Рас. ск. | 07 44,6  | -23 52   | 6,0   | 22,0             | 3,6                      |

|      |      |     |            |         |        |      |           |        |
|------|------|-----|------------|---------|--------|------|-----------|--------|
| M94  | 4736 | CVn | Гал. S     | 12 50,9 | +41 07 | 8,2  | 7 × 3     | 14 500 |
| M95  | 3351 | Leo | Гал. S     | 10 44,0 | +11 42 | 9,7  | 4,4 × 3,3 | 38 000 |
| M96  | 3368 | Leo | Гал. S     | 10 46,8 | +11 49 | 9,2  | 6 × 4     | 38 000 |
| M97  | 3587 | UMa | План. тум. | 11 14,8 | +55 01 | 9,9  | 3,4 × 3,3 | 2,6    |
| M98  | 4192 | Com | Гал. S     | 12 13,8 | +14 54 | 10,1 | 9,5 × 3,2 | 60 000 |
| M99  | 4254 | Com | Гал. S     | 12 18,8 | +14 25 | 9,9  | 5,4 × 4,8 | 60 000 |
| M100 | 4321 | Com | Гал. S     | 12 22,9 | +15 49 | 9,3  | 7 × 6     | 60 000 |
| M101 | 5457 | UMa | Гал. S     | 14 03,2 | +54 21 | 7,9  | 22,0      | 27 000 |
| M102 | 5866 | Dra | Гал. S0    | 15 06,5 | +55 46 | 9,9  | 5,2 × 2,3 | 40 000 |
| M103 | 581  | Cas | Рас. ск.   | 01 33,2 | +60 42 | 7,4  | 6,0       | 8      |
| M104 | 4594 | Vir | Гал. S     | 12 40,0 | -11 37 | 8,0  | 9 × 4     | 50 000 |
| M105 | 3379 | Leo | Гал. E     | 10 47,8 | +12 35 | 9,3  | 2,0       | 38 000 |
| M106 | 4258 | CVn | Гал. S     | 12 19,0 | +47 18 | 8,4  | 19 × 8    | 25 000 |
| M107 | 6171 | Oph | Шар. ск.   | 16 32,5 | -13 03 | 7,9  | 10,0      | 19,6   |
| M108 | 3556 | UMa | Гал. S     | 11 11,5 | +55 40 | 10,0 | 8 × 1     | 45 000 |
| M109 | 3992 | UMa | Гал. S     | 11 57,6 | +53 23 | 9,8  | 7 × 4     | 55 000 |
| M110 | 205  | And | Гал. E     | 00 40,4 | +41 41 | 8,5  | 17 × 10   | 2900   |



## Содержание

|                                                                    |           |
|--------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Введение</b> .....                                              | <b>3</b>  |
| <b>Содержание курса</b> .....                                      | <b>5</b>  |
| <b>Особенности курса</b> .....                                     | <b>7</b>  |
| Межпредметные связи .....                                          | 12        |
| Проектная работа .....                                             | 14        |
| Источники информации .....                                         | 15        |
| <b>Поурочно-тематическое планирование</b> .....                    | <b>17</b> |
| <b>Дидактический материал</b> .....                                | <b>27</b> |
| Ответы и решения наиболее сложных задач<br>к каждой главе учебника |           |
| «Астрономия. 10—11 классы» .....                                   | 27        |
| Проверочные работы .....                                           | 32        |
| Контрольные работы .....                                           | 35        |
| Ответы к вопросам контрольных работ .....                          | 37        |
| Приложение .....                                                   | 40        |