

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САХАЛИНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

М. А. Смирнова, Е. Д. Уткин,
О. О. Меркулова, О. А. Фёдоров

ОЛИМПИАДЫ ПО АСТРОНОМИИ

Учебно-методическое пособие

Южно-Сахалинск
СахГУ
2017

*Печатается по решению учебно-методического совета
Сахалинского государственного университета, 2016 г.*

Рецензенты:

Королев Ю. П., ведущий сотрудник Института морской геологии
и геофизики ДО РАН, канд. физ.-мат. наук, доцент;

Тарасенко И. М., директор МБОУ «Лицей № 1» г. Южно-Сахалинска,
заслуженный учитель РФ;

Осипов Г. С., д-р тех. наук, профессор, зав. кафедрой
информатики СахГУ.

С506 Смирнова, М. А. Олимпиады по астрономии : учебно-мето-
дическое пособие / М. А. Смирнова, Е. Д. Уткин, О. О. Меркулова,
О. А. Фёдоров. – Южно-Сахалинск : СахГУ, 2017. – 40 с.
ISBN 978-5-88811-545-9

Настоящее учебно-методическое пособие предназначено для студентов образовательных организаций высшего образования, изучающих в том или ином объеме астрономию, естественнонаучную картину мира, физику, учителей средних общеобразовательных школ. Пособие рекомендовано для математических и педагогических направлений, в частности для направления 44.03.05 «Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки)».

Данное учебно-методическое пособие является оптимальным справочным материалом, с помощью него студенты смогут самостоятельно подготовить и провести школьный этап олимпиады по астрономии, а учителя средних общеобразовательных школ подготовить учеников к муниципальному этапу олимпиады по астрономии.

УДК 372.016:52(075.8)
ББК 74.262.26

© Смирнова М. А., 2017
© Уткин Е. Д., 2017
© Меркулова О. О., 2017
© Фёдоров О. А., 2017
© Сахалинский государственный
университет, 2017

ISBN 978-5-88811-545-9

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1. НОРМАТИВНО-ПРАВОВАЯ ОСНОВА ПРОВЕДЕНИЯ ЭТАПОВ ВСЕРОССИЙСКОЙ ОЛИМПИАДЫ ПО АСТРОНОМИИ	5
1.1. Школьный и муниципальный этапы	5
1.2. Региональный и заключительный этапы	7
2. МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ШКОЛЬНОМУ И МУНИЦИПАЛЬНОМУ ЭТАПАМ ОЛИМПИАДЫ ПО АСТРОНОМИИ	8
2.1. Содержание программы по астрономии, рекомендуемой Центральной предметной комиссией Всероссийской олимпиады по астрономии	8
2.2. Организационное и материально-техническое обеспечение школьного и муниципального этапов олимпиады по астрономии.....	19
3. ПРИМЕРЫ ЗАДАЧ ПО АСТРОНОМИИ ДЛЯ ШКОЛЬНОГО И МУНИЦИПАЛЬНОГО ЭТАПОВ И ОТВЕТЫ К НИМ.....	22
3.1. Задачи по астрономии и ответы к ним.....	22
3.2. Справочная информация.....	30
4. МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОГРАММ ОЛИМПИАДЫ ПО АСТРОНОМИИ.....	33
4.1. Список литературы.....	33
4.2. Словарь астрономических терминов.....	33

ВВЕДЕНИЕ

Учебно-методическое пособие «Олимпиады по астрономии» состоит из четырех разделов. В первом разделе большое внимание уделено вопросам, связанным с нормативно-правовой основой проведения различных этапов Всероссийской олимпиады по астрономии, во втором представлены материалы для подготовки к школьному и муниципальному этапам олимпиады, в третьем приведены примеры задач для школьного и муниципального этапов, в заключительном разделе указано методическое обеспечение программы олимпиады по астрономии. Части пособия взаимосвязаны друг с другом и снабжены заданиями, помогающими усвоить и закрепить материал, необходимый для успешного решения олимпиадных задач.

Учебно-методическое пособие включает содержание программы по астрономии, рекомендуемой Центральной предметной комиссией Всероссийской олимпиады по астрономии, и может служить основой для подготовки школьников к олимпиаде по астрономии силами студентов и профессорско-преподавательского состава Сахалинского государственного университета. Пособие может быть также предназначено для проведения занятий по астрономии на направлении 44.03.05 «Педагогическое образование (с двумя профилями – математика и физика)».

Существуют различные учебно-методические пособия по подготовке к олимпиадам по астрономии, но большинство из них не обладает системным подходом к изучению материала и достаточной доступностью изложения. Данное издание – одна из попыток создания оптимального пособия, которое должно помочь преподавателям, студентам и школьникам при подготовке к олимпиадам по астрономии на школьном и муниципальном этапах.

Цель пособия – в рамках профориентационной работы со школьниками на конкретных примерах просто и доходчиво обозначить тот необходимый минимум содержания программы по астрономии, который рекомендован Центральной предметной комиссией Всероссийской олимпиады по астрономии.

Опираясь на опыт работы со школьниками и студентами направления 44.03.05 «Педагогическое образование (с двумя профилями – математика и физика)», зав. кафедрой общей физики и методики преподавания физики, кандидат педагогических наук Смирнова Марина Александровна совместно со старшим преподавателем кафедры Уткиным Евгением Дмитриевичем систематизировала теоретический материал и предложила различные варианты олимпиадных заданий, которые нашли отражение во второй и в третьей частях пособия.

В работе над пособием также принимали участие профессор кафедры общей физики и методики преподавания физики, кандидат педагогических наук Федоров Олег Анатольевич и руководитель факультета довузовской подготовки, старший преподаватель Меркулова Ольга Олеговна.

1. НОРМАТИВНО-ПРАВОВАЯ ОСНОВА ПРОВЕДЕНИЯ ЭТАПОВ ВСЕРОССИЙСКОЙ ОЛИМПИАДЫ ПО АСТРОНОМИИ

Всероссийская олимпиада школьников – одна из форм работы с одаренными детьми в системе российского образования. Это система ежегодных предметных олимпиад для обучающихся государственных, муниципальных и негосударственных образовательных организаций, которые реализуют образовательные программы основного общего и среднего общего образования. Всероссийская олимпиада школьников помогает выявить одаренных учеников начиная с 5-го класса.

Успешное участие и попадание в призеры Всероссийской олимпиады школьников гарантирует учащимся выпускных классов общеобразовательных организаций поступление в любой университет по профильному направлению без вступительных испытаний. Кроме того, победители и призеры заключительного этапа олимпиады из 8–11-х классов участвуют в международных олимпиадах по общеобразовательным предметам.

Цель проведения Всероссийской олимпиады школьников – выявить и развить у российских школьников творческие способности и интерес к научной (научно-исследовательской) деятельности; провести отбор учащихся старших классов, проявивших выдающиеся способности в разных областях знаний, в состав сборных команд Российской Федерации для участия в международных олимпиадах по общеобразовательным предметам.

Всероссийская олимпиада школьников проводится по 21 общеобразовательному предмету: математика, русский язык, иностранный язык (английский, немецкий, французский), информатика, физика, химия, биология, экология, география, астрономия, литература, история, обществознание, экономика, право, искусство (мировая художественная культура), физическая культура, технология, основы безопасности жизнедеятельности.

1.1. Школьный и муниципальный этапы

Школьный этап проводится по заданиям, разработанным муниципальными предметно-методическими комиссиями олимпиады. Организатором школьного этапа олимпиады является орган местного самоуправления, осуществляющий управление в сфере образования. Срок окончания школьного этапа олимпиады – не позднее 15 октября.

Муниципальный этап проводится по заданиям, разработанным региональными предметно-методическими комиссиями олимпиады. Организатором муниципального этапа олимпиады является орган местного самоуправления, осуществляющий управление в сфере образования. Срок

окончания муниципального этапа олимпиады – не позднее 25 декабря.

Школьный и муниципальный этапы проводятся в строгом соответствии с Порядком проведения Всероссийской олимпиады школьников, утвержденным приказом Министерства образования и науки Российской Федерации № 1252 от 18 ноября 2013 г., с изменениями, внесенными приказом Министерства образования и науки Российской Федерации № 249 от 17 марта 2015 г. (далее – Порядок).

В соответствии с Порядком школьный этап олимпиады проводится чаще всего на базе общеобразовательных организаций в период с 1 сентября по 15 октября. Данный этап проводится в один аудиторный тур в течение одного дня, единого для всех общеобразовательных организаций, подчиненных органу местного самоуправления, осуществляющему управление в сфере образования. К участию в этапе допускаются все желающие, проходящие обучение в общеобразовательных организациях в 5–11-х классах.

Любое ограничение списка участников по каким-либо критериям (успеваемость по различным предметам, результаты выступления на олимпиадах прошлого года и т. д.) является нарушением Порядка и категорически запрещается.

Школьный этап проводится в пяти возрастных параллелях: 5–6-е, 7–8-е, 9-е, 10-е и 11-е классы. В соответствии с Порядком участники вправе выполнять задания за старшие классы по отношению к тем, в которых они проходят обучение. В случае прохождения на последующие этапы олимпиады данные участники выполняют олимпиадные задания, разработанные для класса, который они выбрали на школьном этапе олимпиады.

На основе протоколов школьного этапа по всем общеобразовательным организациям орган местного самоуправления устанавливает проходной балл – минимальную оценку на школьном этапе, необходимую для участия в муниципальном этапе. Данный проходной балл устанавливается отдельно в возрастных параллелях 7–8-х, 9-х, 10-х и 11-х классов и может быть разным для этих параллелей.

Муниципальный этап олимпиады проводится по разработанным региональными предметно-методическими комиссиями заданиям, основанным на содержании образовательных программ основного общего и среднего общего образования углубленного уровня и соответствующей направленности (профиля), для 7–11-х классов.

Задания для муниципального этапа разрабатываются региональными предметно-методическими комиссиями, формируемыми органами управления образованием субъекта Российской Федерации, и являются общими для всего субъекта РФ.

Индивидуальные результаты участников каждого этапа олимпиады заносятся в рейтинговую таблицу результатов участников соответствующего этапа олимпиады по общеобразовательному предмету, представляющую собой ранжированный список участников, расположенных по мере убывания набранных ими баллов (далее – рейтинг). Участники с равным количеством баллов располагаются в алфавитном порядке.

1.2. Региональный и заключительный этапы

Региональный этап проводится по заданиям, разработанным центральными предметно-методическими комиссиями олимпиады. Организатором регионального этапа олимпиады является орган государственной власти субъекта Российской Федерации, осуществляющий государственное управление в сфере образования. Региональный этап олимпиады проводится по заданиям, основанным на содержании образовательных программ основного общего и среднего общего образования углубленного уровня и соответствующей направленности (профиля), для 9–11-х классов. Срок окончания регионального этапа олимпиады – не позднее 25 февраля.

Доставка олимпиадных заданий организаторам регионального этапа олимпиады осуществляется Министерством образования и науки РФ на электронных носителях в зашифрованном виде. Сроки расшифровки олимпиадных заданий устанавливаются требованиями к проведению регионального этапа олимпиады по каждому общеобразовательному предмету, в том числе с учетом часовых поясов.

Заключительный этап проводится по заданиям, разработанным центральными предметно-методическими комиссиями олимпиады. Организатором заключительного этапа олимпиады является Министерство образования и науки РФ. Срок окончания заключительного этапа олимпиады – не позднее 30 апреля.

Финансовое и научно-методическое обеспечение заключительного этапа олимпиады (за исключением расходов на страхование жизни и здоровья участников заключительного этапа олимпиады, проезд участников заключительного этапа олимпиады и сопровождающих их лиц к месту проведения заключительного этапа олимпиады и обратно, расходов на питание, проживание, транспортное и экскурсионное обслуживание сопровождающих лиц) осуществляется за счет средств федерального бюджета.

Основные принципы, в соответствии с которыми формируются задания того или иного этапа Всероссийской олимпиады школьников по астрономии, по мнению авторов, грамотно и четко прописаны в книге «Всероссийская олимпиада школьников по астрономии в 2006 году» (автор – составитель О. С. Угольников, Федеральное агентство по образованию РФ, АПК и ППРО, 2006).

2. МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ШКОЛЬНОМУ И МУНИЦИПАЛЬНОМУ ЭТАПАМ ОЛИМПИАДЫ ПО АСТРОНОМИИ

2.1. Содержание программы по астрономии, рекомендуемой Центральной предметной комиссией Всероссийской олимпиады по астрономии

Таблица 1

№	Темы	Содержание
4–9-е классы		
1.	Звездное небо	Созвездия и ярчайшие звезды неба: названия, условия видимости в различные сезоны года
2.	Небесная сфера	Суточное движение небесных светил на различных широтах. Восход, заход, кульминация. Горизонтальная и экваториальная система координат, основные круги и линии на небесной сфере. Высота над горизонтом небесных светил в кульминации. Высота полюса Мира. Изменение вида звездного неба в течение суток. Подвижная карта звездного неба. Рефракция (качественно). Сумерки: гражданские, навигационные, астрономические. Понятия углового расстояния на небесной сфере и угловых размеров объектов
3.	Движение Земли по орбите	Видимый путь Солнца по небесной сфере. Изменение вида звездного неба в течение года. Эклиптика, понятие полюса эклиптики и эклиптической системы координат. Зодиакальные созвездия. Прецессия, изменение экваториальных координат светил из-за прецессии
4.	Измерение времени	Тропический год. Солнечные и звездные сутки, связь между ними. Солнечные часы. Местное, поясное время. Истинное

Продолжение таблицы 1

№	Темы	Содержание
		и среднее солнечное время, уравнение времени. Звездное время. Часовые пояса и исчисление времени в нашей стране; декретное время, летнее время. Летоисчисление. Календарь, солнечная и лунная системы календаря. Новый и старый стиль
5.	Движение небесных тел под действием силы всемирного тяготения	Форма орбит: эллипс, парабола, гипербола. Эллипс, его основные точки, большая и малая полуоси, эксцентриситет. Закон всемирного тяготения. Законы Кеплера (включая обобщенный третий закон Кеплера). Первая и вторая космические скорости. Круговая скорость, скорость движения в точках перигея и афогия. Определение масс небесных тел на основе закона всемирного тяготения. Расчеты времени межпланетных перелетов по касательной траектории к орбитам планет
6.	Солнечная система	Строение, состав, общие характеристики. Размеры, форма, масса тел Солнечной системы, плотность их вещества. Отражающая способность (альбедо). Определение расстояний до тел Солнечной системы (методы радиолокации и суточного параллакса). Астрономическая единица. Угловые размеры планет. Сидерический, синодический периоды планет, связь между ними. Видимые движения и конфигурации планет. Наклонение орбиты, линия узлов. Прохождения планет по диску Солнца, условия наступления. Малые тела Солнечной системы. Метеороиды, метеоры и метеорные потоки. Метеориты. Орбиты планет, астероидов, комет и метеороидов. Возмущения в движении планет. Третья космическая скорость для Земли и других тел Солнечной системы

№	Темы	Содержание
7.	Система «Солнце – Земля – Луна»	Движение Луны вокруг Земли, фазы Луны. Либрации Луны. Движение узлов орбиты Луны, периоды «низкой» и «высокой» Луны. Синодический, сидерический, аномалистический и драконический месяцы. Солнечные и лунные затмения, их типы, условия наступления. Сарос. Покрытия звезд и планет Луной, условия их наступления. Понятие о приливах
8.	Оптические приборы	Глаз как оптический прибор. Устройство простейших оптических приборов для астрономических наблюдений (бинокль, фотоаппарат, линзовые, зеркальные и зеркально-линзовые телескопы). Построение изображений протяженных объектов в фокальной плоскости. Угловое увеличение, масштаб изображения. Крупнейшие телескопы нашей страны и мира
9.	Шкала звездных величин	Представление о видимых звездных величинах различных астрономических объектов. Решение задач на звездные величины в целых числах. Зависимость яркости от расстояния до объекта
10.	Электромагнитные волны	Скорость света. Различные диапазоны электромагнитных волн и частоты видимого света. Радиоволны
11.	Общие представления о структуре Вселенной	Пространственно-временные масштабы Вселенной. Наша Галактика и другие галактики, общее представление о размерах, составе и строении
12.	Измерения расстояний в астрономии	Внесистемные единицы в астрономии (астрономическая единица, световой год, парсек, килопарсек, мегапарсек). Методы радиолокации, суточного и годичного параллакса. Аберрация света
Дополнительные вопросы по математике		
Запись больших чисел, математические операции со степенями. Приближенные вычисления. Число значащих цифр. Пользование инже-		

№	Темы	Содержание
нерным калькулятором. Единицы измерения углов: градус и его части, радиан, часовая мера. Понятие сферы, большие и малые круги. Формулы для синуса и тангенса малого угла. Решение треугольников, теоремы синусов и косинусов. Элементарные формулы тригонометрии		
Дополнительные вопросы по физике		
Законы сохранения механической энергии, импульса и момента импульса. Понятие об инерциальных и неинерциальных системах отсчета. Потенциальная энергия взаимодействия точечных масс. Геометрическая оптика, ход лучей через линзу		
10-е классы		
1.	Шкала звездных величин	Звездная величина, ее связь с освещенностью. Формула Погсона. Связь видимого блеска с расстоянием. Абсолютная звездная величина. Изменение видимой яркости планет и комет при их движении по орбите
2.	Звезды, общие понятия	Основные характеристики звезд: температура, радиус, масса и светимость. Законы излучения абсолютно черного тела: закон Стефана–Больцмана, закон смещения Вина. Понятие эффективной температуры
3.	Классификация звезд	Представление о фотометрической системе UBVR, показатели цвета. Диаграмма «цвет–светимость» (Герцшпрунга–Рассела). Звезды главной последовательности, гиганты, сверхгиганты. Соотношение «масса–светимость» для звезд главной последовательности
4.	Движение звезд в пространстве	Эффект Доплера. Лучевая скорость звезд и принципы ее измерения. Тангенциальная скорость и собственное движение звезд. Апокс
5.	Двойные и переменные звезды	Затменные переменные звезды. Спектрально-двойные звезды. Определение масс и размеров звезд в двойных системах. Внесолнечные планеты. Пульсирующие

№	Темы	Содержание
		переменные звезды, их типы, кривые блеска. Зависимость «период – светимость» для цефеид. Долгопериодические переменные звезды. Новые звезды
6.	Рассеянные и шаровые звездные скопления	Возраст, физические свойства скоплений и особенности входящих в них звезд. Основные различия между рассеянными и шаровыми скоплениями. Диаграммы «цвет – светимость» для звезд скоплений. Движения звезд, входящих в скопление. Метод «группового параллакса» определения расстояния до скопления
7.	Солнце	Основные характеристики, общее представление о внутреннем строении и строении атмосферы. Характеристики Солнца как звезды, солнечная постоянная. Солнечная активность, циклы солнечной активности. Магнитные поля на Солнце. Солнечно-земные связи
8.	Ионизованное состояние вещества	Понятие об ионизованном газе. Процессы ионизации и рекомбинации. Общие представления об ионах в атмосфере Земли и межпланетной среде. Магнитное поле Земли. Полярные сияния
9.	Межзвездная среда	Представление о распределении газа и пыли в пространстве. Плотность, температура и химический состав межзвездной среды. Межзвездное поглощение света, его зависимость от длины волны и влияние на звездные величины и цвет звезд. Газовые и диффузные туманности. Звездобразование. Межзвездное магнитное поле
10.	Телескопы, разрешающая и проникающая способность	Предельное угловое разрешение и проникающая способность. Размеры дифракционного изображения, ограничения со стороны земной атмосферы на разрешающую способность. Аберрации оптики. Оптические схемы современных телескопов

№	Темы	Содержание
Дополнительные вопросы по математике		
Площадь поверхности плоских фигур и сферы, объем шара		
Дополнительные вопросы по физике		
Газовые законы. Понятие температуры, тепловой энергии газа, концентрации частиц и давления. Основы понятия спектра, дифракции света		
11-е классы		
1.	Основы теории приливов	Приливное воздействие. Понятие о радиусе сферы Хилла, полости Роша. Точки либрации
2.	Оптические свойства атмосфер планет и межзвездной среды	Рассеяние и поглощение света в атмосфере Земли, в межпланетной и межзвездной среде, зависимость поглощения от длины волны. Атмосферная рефракция, зависимость от высоты объекта, длины волны света
3.	Законы излучения	Интенсивность излучения. Понятие спектра. Излучение абсолютно черного тела. Формула Планка. Приближения Релея–Джинса и Вина, области их применения. Распределение энергии в спектрах различных астрономических объектов
4.	Спектры звезд	Основы спектрального анализа. Линии поглощения в спектрах звезд, спектральная классификация. Атмосферы Солнца и звезд. Фотосфера и хромосфера Солнца
5.	Спектры излучения разреженного газа	Представление о спектрах солнечной короны, планетарных и диффузных туманностей, полярных сияний
6.	Представление о внутреннем строении и источниках энергии Солнца и звезд	Ядерные источники энергии звезд, запасы ядерной энергии. Выделение энергии при термоядерных реакциях. Образование химических элементов в недрах звезд различных типов, в сверхновых звездах (качественно)
7.	Эволюция Солнца и звезд	Стадия гравитационного сжатия при образовании звезды. Время жизни звезд

№	Темы	Содержание
		различной массы. Сверхновые звезды. Поздние стадии эволюции звезд: белые карлики, нейтронные звезды, черные дыры. Гравитационный радиус. Пульсары
8.	Строение и типы галактик	Наша Галактика. Ближайшие галактики. Расстояние до ближайших галактик. Наблюдательные особенности галактик. Состав галактик и их физические характеристики. Вращение галактических дисков. Морфологические типы галактик. Активные ядра галактик, радиогалактики, квазары
9.	Основы космологии	Определение расстояний до галактик. Сверхновые I типа. Красное смещение в спектрах галактик. Закон Хаббла. Скопления галактик. Представление о гравитационных линзах (качественно). Крупномасштабная структура Вселенной. Реликтовое излучение и его спектр
10.	Приемники излучения и методы наблюдений	Элементарные сведения о современных методах фотометрии и спектроскопии. Фотоумножители, ПЗС-матрицы. Использование светофильтров. Прием радиоволн. Угловое разрешение радиотелескопов и радиоинтерферометров
Дополнительные вопросы по математике		
Основы метода приближенных вычислений и разложений в ряд. Приближенные формулы для $\cos x$, $(1+x)^n$, $\ln(1+x)$, e^x случае малых x		
Дополнительные вопросы по физике		
Элементы специальной теории относительности. Релятивистская формула для эффекта Доплера. Гравитационное красное смещение. Связь массы и энергии. Основные свойства элементарных частиц (электрон, протон, нейтрон, фотон). Квантовые и волновые свойства света. Энергия квантов, связь с частотой и длиной волны. Давление света. Спектр атома водорода. Космические лучи. Понятие об интерференции и дифракции		

Рассмотрим некоторые задания для 4–9-х классов и их решения.

Задание 1 (пункт списка вопросов – 1, 3, 7, категория сложности – 1).

Условие. Может ли Луна наблюдаться с Земли в созвездии Тельца? В созвездии Ориона? В созвездии Большого Пса?

Решение. Луна движется по орбите вокруг Земли. Плоскость этой орбиты близка к плоскости эклиптики (плоскости орбиты Земли вокруг Солнца), но все же наклонена к ней на угол около 5° . Поэтому Луна в небе Земли может быть видна вблизи эклиптики, не далее 5° от нее. Созвездие Тельца – зодиакальное, линия эклиптики проходит через него, поэтому Луна может там наблюдаться. Созвездие Ориона зодиакальным не является, но его северная часть расположена близко к эклиптике (около 2° от нее), поэтому Луна может оказаться в этой области неба. А вот созвездие Большого Пса расположено далеко к югу от эклиптики, и при наблюдении с Земли Луна в этом созвездии оказаться не может.

Рекомендации. Основой решения задачи является понимание, в каких частях небесной сферы может располагаться Луна. Наличие этого представления, очевидное из решения, оценивается в два балла. Еще по два балла выставляется за правильный ответ по каждому из трех созвездий, при этом указание точного углового расстояния от созвездий до эклиптики от школьников не требуется.

Задание 2 (пункт списка вопросов – 12, категория сложности – 1).

Условие. Какая скорость больше – 1 км/с или 1 а. е./год?

Решение. Одна астрономическая единица – среднее расстояние от Земли до Солнца – равна 149,6 млн. км. Один год есть примерно 365,25 суток по 86400 секунд, что составляет около 31,56 млн. секунд. Получается, что скорость 1 а. е. в год соответствует 4,74 км/с, что, очевидно, больше, чем 1 км/с.

Рекомендации. Для решения задачи участник олимпиады должен установить правильное соотношение между единицами длины (а. е. и км) и единицами времени (секундой и годом). Каждая из этих операций оценивается в три балла. Окончательный вывод оценивается еще в два балла.

Задание 3 (пункт списка вопросов – 2, 3, категория – 2).

Условие. В некотором пункте Земли Солнце в полдень 22 июня оказалось вдвое выше над горизонтом, чем в полдень 22 декабря. Найдите широту этого пункта.

Решение. Коль скоро 22 июня Солнце было выше над горизонтом, чем 22 декабря, можно сразу сделать вывод, что дело происходило в Северном полушарии. Полуденная высота Солнца равна:

$$h = 90^\circ - |\varphi - \delta|,$$

где φ – широта пункта наблюдений, δ – склонение Солнца. В указанные дни склонение Солнца равно $\delta = +23^\circ 26'$ (22 июня) и $\delta = -23^\circ 26'$ (22 декабря). Угол между плоскостью небесного экватора и эклиптикой ($23^\circ 26'$). Получаем:

$$90^\circ - |\varphi - \delta| = 2 \cdot (90^\circ - |\varphi + \delta|).$$

Дело происходит в Северном полушарии ($\varphi > 0$ и $\delta > 0$), поэтому мы можем сразу опустить знак модуля в правой части уравнения. В зависимости от знака выражения под модулем в левой части мы должны рассмотреть два случая:

$$\begin{aligned} 1) \varphi - \delta &\geq 0 \text{ или } \varphi \geq \delta; \\ 90^\circ - \varphi + \delta &= 180^\circ - 2 \cdot \varphi - 2 \cdot \delta; \\ \varphi &= 90^\circ - 3\delta = 19^\circ 42'. \end{aligned}$$

Данное решение не соответствует сделанному выше предположению: широта оказалась меньше угла δ . Поэтому в первом случае решение не существует.

$$\begin{aligned} 2) \varphi - \delta < 0; \\ 90^\circ + \varphi - \delta &= 180^\circ - 2 \cdot \varphi - 2 \cdot \delta; \\ \varphi &= (90^\circ - \delta)/3 = 22^\circ 11'. \end{aligned}$$

Полученное значение соответствует сделанному предположению и является решением задачи.

Рекомендации. При решении задачи участники олимпиады могут использовать разные варианты записи формулы для высоты Солнца в верхней кульминации, однако при этом они должны учитывать все возможные случаи. Вывод о том, что дело происходит в Северном полушарии, оценивается в два балла. Если этот вывод не сделан напрямую, то участники должны рассмотреть математически случай Южного полушария и исключить возможные решения, что оценивается теми же двумя баллами. Рассмотрение случая $\varphi - \delta \geq 0$ и исключение решений оценивается еще в два балла. Наконец, рассмотрение верного случая $\varphi - \delta < 0$ и формулировка ответа оценивается в четыре балла.

Рассмотрим некоторые задания для 10-х классов и их решения.

Задание 4 (пункт списка вопросов – 3, категория сложности – 1).

Условие. У какой звезды горячее видимая поверхность – у белого карлика или у красного сверхгиганта?

Решение. Видимый цвет звезды (точнее, ее поверхности) однозначно связан с ее температурой. Голубые звезды – самые горячие, красные – самые холодные. Поэтому поверхность белого карлика, вне зависимости от ее размеров, горячее поверхности красного сверхгиганта.

Рекомендации. Основой решения задачи является указание, что цвет и температура поверхности звезды однозначно связаны друг с другом. Это указание оценивается в пять баллов. Еще три балла выставляется за верный ответ.

Задание 5 (пункт списка вопросов – 10, категория сложности – 1).

Условие. Диаметр объектива телескопа равен 20 см. Какое минималь-

ное увеличение системы линз имеет смысл использовать при визуальных наблюдениях с этим телескопом?

Решение. Увеличение телескопа есть отношение фокусных расстояний объектива и окуляра. Оно же равно соотношению диаметров объектива и выходного пучка света. Если этот выходной пучок окажется больше зрачка наблюдателя, то часть света будет теряться, и такое увеличение использовать нецелесообразно. Минимальное увеличение M будет соответствовать выходному пучку с диаметром d , равным диаметру зрачка (около 8 мм в ночных условиях). Оно составит $\frac{D}{d} = 25$. Здесь D – диаметр объектива телескопа.

Рекомендации. Основой решения задачи является указание, чем обуславливается минимальное увеличение телескопа, это оценивается в четыре балла. Вычисление этого увеличения оценивается еще в четыре балла, причем величины диаметра зрачка глаза от 6 до 10 мм и соответствующие увеличения от 33 до 20 крат являются допустимыми.

Задание 6 (пункт списка вопросов – 5, категория сложности – 2).

Условие. Главный и вторичный минимумы затменной переменной звезды имеют глубину 0,75^m, при этом ее наблюдаемый цвет не меняется. Найдите соотношение размеров двух звезд, входящих в систему.

Решение. В условии сказано, что видимый цвет системы во время минимумов не меняется. Это может быть в двух случаях: если одна из звезд темная и не влияет на цвет или если обе звезды имеют одинаковый цвет. Первый из указанных случаев не соответствует условию задачи, так как наблюдаются оба минимума системы (главный и вторичный). Итак, две звезды имеют одинаковый цвет (и температуру), а глубина минимумов соответствует перепаду яркости в $10^{0,4 \cdot 0,75} = 2$ раза. Такое может быть только в одном случае: если звезды совершенно одинаковы, а затмения происходят полные. Итак, радиусы звезд равны друг другу.

Рекомендации. Для решения задачи участники должны указать, что звезды имеют одинаковый цвет (температуру либо поверхностную яркость), что оценивается в два балла. Вычисление изменения яркости во время минимумов оценивается в три балла, окончательный вывод о соотношении размеров звезд – еще в три балла.

Рассмотрим некоторые задания для 11-х классов и их решения.

Задание 7 (пункт списка вопросов – 7, категория сложности – 1).

Условие. Масса черной дыры 2 в два раза больше массы черной дыры 1. Как соотносятся плотности этих черных дыр?

Решение. Гравитационный радиус R черной дыры с массой M есть радиус, при котором вторая космическая скорость на поверхности сравнивается со скоростью света c . Он составляет $R = \frac{2GM}{c^2}$.

$$\text{Плотность } \rho \text{ черной дыры равна } \rho = \frac{3M}{4\pi R^3} = \frac{3c^6}{8\pi G^3 M^2}.$$

Мы видим, что плотность черной дыры обратно пропорциональна квадрату ее массы и у черной дыры 2 она в четыре раза меньше, чем у черной дыры 1. У сверхмассивных черных дыр с галактическими массами средняя плотность может вообще не иметь экстремальных величин.

Рекомендации. Для решения задачи участники олимпиады должны записать выражение для гравитационного радиуса черной дыры, что оценивается в три балла. Далее необходимо перейти к выражению для плотности, что оценивается еще в три балла. Формулировка ответа на задание оценивается в два балла.

Задание 8 (пункт списка вопросов – 2, 8, категория сложности – 1).

Условие. Самой яркой частью ближайших спиральных галактик – туманностей Андромеды и Треугольника, видимой в бинокль или даже невооруженным глазом, является их центр. Почему же мы не можем видеть глазом центр нашей Галактики Млечный Путь, расположенный во много раз ближе к нам?

Решение. В состав спиральных галактик входит массивный диск, состоящий из газа и пыли. Именно там расположены молодые звезды, которые продолжают появляться и в настоящее время. В диске Галактики расположено и Солнце. Толщина диска во много раз меньше его радиуса. Входящая в состав диска пыль ослабляет проходящее через него излучение. Расстояние до центра Галактики составляет 8 кпк. На таком расстоянии пыль практически полностью блокирует излучение центра Галактики.

Когда же мы смотрим на соседние галактики, их диски расположены под углом к лучу зрения и свет испытывает лишь небольшое поглощение. Поэтому центры соседних галактик легко видны на небе.

Рекомендации. Для решения задачи участники олимпиады должны описать строение спиральных галактик и указать на наличие пыли в их диске, которая мешает наблюдать центр нашей Галактики. Этот вывод оценивается в четыре балла. Описание условий видимости центров соседних галактик оценивается еще в четыре балла.

Задание 9 (пункт списка вопросов – 8, категория сложности – 2).

Условие. Далекая эллиптическая галактика имеет сферическую форму, массу 10^{12} масс Солнца, угловой диаметр 1° . Расстояние до галактики равно 2 Мпк. Определите характерное время обращения звезды на краю галактики вокруг ее центра.

Решение. Вычислим пространственный радиус галактики:

$$R = \frac{L\beta}{2} - 17 \text{ кпк.}$$

Здесь L – расстояние до галактики, β – ее угловой диаметр, выраженный в радианах. Время облета звезды на краю галактики есть период обращения по круговой орбите. Его можно вычислить по III закону Кеплера, сравнив обращение звезды вокруг Галактики с вращением Земли вокруг Солнца:

$$T(\text{годы}) = \sqrt{\frac{R^3(a.e.)}{M}} = 2 \cdot 10^8.$$

Здесь M – масса галактики, выраженная в массах Солнца.

Рекомендации. Для решения задачи нужно вычислить пространственный радиус галактики, что оценивается в два балла. Правильное указание, что искомый период есть период кругового вращения на краю галактики, оценивается еще в два балла. Его вычисление можно производить на основе закона всемирного тяготения или разных формулировок III закона Кеплера и оценивается в четыре балла.

2.2. Организационное и материально-техническое обеспечение школьного и муниципального этапов олимпиады по астрономии

Для организации, методического и иного обеспечения и проведения олимпиады раз в год формируются организационный комитет олимпиады (далее – оргкомитет), предметные комиссии и жюри.

Оргкомитет вправе привлекать к проведению олимпиады образовательные и научные организации, учебно-методические объединения, государственные корпорации и общественные организации в порядке, установленном законодательством Российской Федерации.

Оргкомитет олимпиады обычно выполняет следующие функции:

- устанавливает регламент и сроки проведения олимпиады;
- обеспечивает организацию, методическое и иное обеспечение и проведение олимпиады;
- формирует составы предметных комиссий и жюри олимпиады;
- формирует состав апелляционной комиссии олимпиады;
- рассматривает совместно с предметной комиссией и жюри апелляции участников олимпиады и принимает окончательные решения по результатам их рассмотрения;
- утверждает список победителей и призеров олимпиады;
- награждает победителей и призеров олимпиады;
- осуществляет иные функции.

Предметные комиссии выполняют следующие функции:

- разрабатывают материалы заданий олимпиады, критерии и методики оценки выполненных заданий, проверяют работы участников;
- обеспечивают хранение олимпиадных заданий, несут установленную законодательством Российской Федерации ответственность за их конфиденциальность;
- представляют в оргкомитет олимпиады предложения и рекомен-

дации по организации, методическому обеспечению и проведению олимпиады;

- рассматривают совместно с оргкомитетом и жюри олимпиады апелляции участников олимпиады;
- публикуют решения олимпиадных заданий и другие методические материалы;
- представляют ежегодные отчеты в оргкомитет олимпиады;
- осуществляют иные функции.

Школьный и муниципальный этапы Всероссийской олимпиады школьников по астрономии рекомендуется проводить в один аудиторный тур. Эти этапы не предусматривают постановку каких-либо практических (в том числе внеурочных, выполняемых вне школы или в темное время суток) задач по астрономии, и их проведение не требует специфического оборудования (телескопов и других астрономических приборов).

Школьный и муниципальный этапы олимпиады по астрономии должны проходить в «аудиторном формате», поэтому материальные требования для проведения олимпиады не выходят за рамки организации стандартного аудиторного режима: необходимо подготовить определенное количество аудиторий – каждый участник должен выполнять задание за отдельным столом (партой).

Участнику олимпиады необходимо предоставить ручку, карандаш, линейку, резинку для стирания и чистую тетрадь со штампом организационного комитета, а также листы со справочной информацией, разрешенной к использованию на олимпиаде. В каждой аудитории также должны быть запасные канцелярские принадлежности и калькулятор. На время работы над решениями участникам предоставляются продукты питания (сок, печенье, вода).

Учащиеся, желающие принять участие в олимпиаде, должны зарегистрироваться как участники олимпиады, подав заявление по установленной форме. Родитель (законный представитель) обучающегося, заявившего о своем участии в олимпиаде, в срок не менее чем за 10 рабочих дней до начала олимпиады в письменной форме должен подтвердить, что он ознакомлен с Порядком проведения Всероссийской олимпиады школьников и представляет оргкомитету согласие на сбор, хранение, использование, распространение (передачу) и публикацию персональных данных своего несовершеннолетнего ребенка, а также его олимпиадной работы, в том числе в сети Интернет.

При регистрации на участника олимпиады оформляется регистрационная карточка, где указываются фамилия, имя, отчество, учебное заведение, класс, домашний адрес, телефон и иные необходимые личные данные.

Участники заключительного этапа олимпиады должны явиться в указанное в расписании время в аудиторию, выделенную для проведения соответствующей олимпиады. Опоздавшие на олимпиаду и лица, не прошедшие регистрацию, к участию в олимпиаде не допускаются.

Члены оргкомитета, дежурящие в аудитории:

- выдают участникам бланки письменных работ;
- проводят инструктаж по правилам заполнения бланков, выполнения работы и оформления ее результатов;
- обеспечивают дисциплину при проведении олимпиады.

Время, отведенное на выполнение заданий, определяется решением оргкомитета олимпиады и объявляется участникам олимпиады.

Участники олимпиады обязаны соблюдать тишину и порядок в аудитории.

Запрещается пользоваться какими-либо материалами, за исключением выданных членами оргкомитета. Не допускается использование мобильных телефонов, других электронных устройств и средств связи. При нарушении данного правила участники лишаются права участвовать в олимпиаде. В протоколе фиксируется факт нарушения дисциплины и проставляется оценка «0 баллов».

Сведения об авторах работ зашифровываются. Работы проверяются без указания на авторство. Письменные задания передаются членам жюри в зашифрованном виде и не могут быть расшифрованы с объявлением фамилий участников вплоть до момента определения победителей и призеров олимпиады.

За каждое выполненное задание (блок заданий) выставляется оценка в баллах. Возможно снижение балла за задание, если оно выполнено частично. Возможно повышение балла за задание, если в работе представлено оригинальное решение или предложено несколько вариантов решений. В конце работы проставляется общее количество баллов, которое вносится в протокол проведения олимпиады.

В целях обеспечения права на объективное оценивание работы участники олимпиады вправе подать в письменной форме апелляцию о несогласии с выставленными баллами в жюри соответствующего этапа олимпиады в течение одного дня после оглашения результатов.

По результатам рассмотрения апелляции о несогласии с выставленными баллами жюри соответствующего этапа олимпиады принимается решение об отклонении апелляции и сохранении выставленных баллов или об удовлетворении апелляции и корректировке баллов.

3. ПРИМЕРЫ ЗАДАЧ ПО АСТРОНОМИИ ДЛЯ ШКОЛЬНОГО И МУНИЦИПАЛЬНОГО ЭТАПОВ И ОТВЕТЫ К НИМ

3.1. Задачи по астрономии и ответы к ним

1. Перечислите шесть самых ярких небесных объектов.
2. Сколько нужно дисков Луны, чтобы покрыть ими все небо?
3. Почему метеорные потоки Леониды носят такие названия?
4. Венера находится в западной элонгации. В какое время суток удобнее ее наблюдать?
5. Орбиты двух комет лежат в плоскости эклиптики. Кометы имеют перигелийные расстояния $0,5 \text{ а. е.}$ и $1,5 \text{ а. е.}$ Длины их хвостов в перигелии превышают 100 млн. км. Может ли Земля пройти через хвосты этих комет?
6. Наблюдатель, находящийся на земном экваторе, все время видит ИСЗ у себя над головой. На каком расстоянии от земной поверхности находится этот спутник и с какой линейной скоростью он обращается вокруг Земли?
7. Самолет летит на высоте 10 км вдоль земного экватора с запада на восток со скоростью 800 км/ч. Искусственный спутник Земли обращается вокруг нашей планеты по круговой орбите так, что все время находится над самолетом. Найти расстояние между спутником и самолетом.
8. Будет ли на Земле смена дня и ночи, если она перестанет вращаться вокруг своей оси?
9. Как можно доказать, что Земля вращается вокруг оси и обращается вокруг Солнца?
10. Если в каком-либо году затмение Солнца было 2 января, когда еще в этом году могут быть затмения?
11. Если Луна вошла в $23^{\text{h}}45^{\text{m}}$ во вторник, то когда произойдет ее следующий восход?
12. Чему равен период вращения Луны вокруг оси: синодическому или сидерическому месяцу?
13. Во время полнолуния Луна примерно в 12 раз ярче, чем в первой четверти. Почему?
14. Через какой интервал времени у Сатурна «исчезают» кольца, то есть поворачиваются к Земле ребром и становятся невидимыми?
15. Считается, что у Венеры бывает либо утренняя, либо вечерняя видимость. А можно ли наблюдать Венеру в течение одних суток и утром, и вечером?
16. Как узнать, является ли наблюдаемый объект далекой туманностью или кометой?
17. Предположим, что наблюдатель находится на комете Галлея, обра-

щающейся вокруг Солнца по орбите с большой полуосью равной 18 а. е. и эксцентриситетом 0,967. Определите, на сколько звездных величин Солнце для него выглядит ярче в перигелии орбиты кометы, чем в афелии.

18. На каких географических широтах незаходящие звезды могут кульминировать в зените?

19. Как называются точки пересечения альмуkantараты с горизонтом?

20. За какое время солнечный диск пересекает линию горизонта на экваторе и на полюсе Земли?

21. Звезда Вега в верхней кульминации в $20^{\text{h}}00^{\text{m}}00^{\text{s}}$. В какое время произойдет ее верхняя кульминация через 8 дней?

22. Орбита Венеры близка к окружности с радиусом $0,723 \text{ а. е.}$, плоскость орбиты планеты образует с плоскостью орбиты Земли угол $3,4^\circ$. Как далеко может удаляться от эклиптики Венера для земного наблюдателя?

23. Расстояние до Сириуса ($2,7 \text{ пк}$) уменьшается на 8 км каждую секунду. Через сколько лет блеск Сириуса возрастет вдвое?

24. Во сколько раз изменится радиус цефеиды, если амплитуда изменения ее блеска $1,5^{\text{m}}$, а яркость единицы поверхности остается постоянной?

25. В максимуме затменная переменная звезда имеет блеск 6^{m} , а в минимуме 8^{m} . Считая затмение центральным и спутник темным, найти отношение объемов компонентов этой пары.

26. На рисунке приведена кривая блеска двойной звезды (по оси X отложено время в сутках, по оси Y – визуальная звездная величина системы). Для обеих звезд измерены гелиоцентрические лучевые скорости V_r . У первой звезды скорость меняется в пределах $\pm 50 \text{ км/сек}$, у второй $\pm 80 \text{ км/сек}$. Известно, что орбиты звезд круговые, затмения – центральные, температура первой звезды равна 10000 К и она горячее второй. Определите радиусы орбит, радиусы звезд и температуру второй звезды. Что вы можете сказать об этой двойной системе? *Примечание:* остальные необходимые данные определите по кривой блеска (рис. 1).

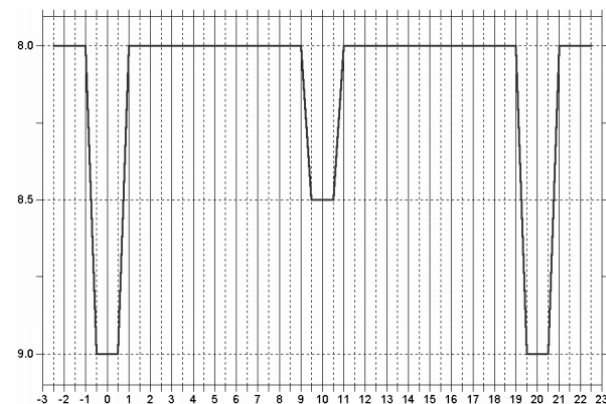


Рис. 1.

27. Можно ли заметить невооруженным глазом геостационарный спутник диаметром 3 метра?

28. Космический корабль покинул Солнечную систему со скоростью 30 км/с в направлении на центр Галактики. Через сколько лет он достигнет галактического центра?

29. Предполагают, что, как и Земля, Луна имела когда-то атмосферу. Чем объяснить, что Луна потеряла атмосферу, а Земля – нет?

30. Существует ли связь между планетарными туманностями и планетами?

31. В нашей Галактике звезда спектрального класса В рождается в среднем раз в 50 лет. Сколько таких звезд сейчас в Галактике, если продолжительность жизни подобной звезды около 10 лет?

32. Какова средняя плотность белого карлика, имеющего массу, равную солнечной, светимость – в 1000 раз меньше солнечной, а температуру поверхности – вдвое больше солнечной?

33. Белый карлик с массой 0,9 массы Солнца и радиусом 6000 км приближается к Солнцу со скоростью равной 60 км/с. В какую сторону сдвинуты линии в его спектре: в красную или голубую?

Ответы к задачам

1. Солнце, Луна, Венера, Юпитер, Марс, Сириус.
2. 100 000 лунных дисков, если подразумевать под «небом» всю видимую полусферу.
3. Метеорные потоки носят названия того созвездия, в котором наблюдается их радиант. У потока Леониды радиант лежит в созвездии Льва.
4. Венера наблюдается на востоке перед восходом Солнца.
5. В первом случае Земля может пройти через хвост кометы. 0,5 а. е. составляет 75 млн. км. Хвост же комет направлен в сторону от Солнца, имеет длину более 100 млн. км. Во втором случае Земля не может пройти через хвост кометы, так как вся орбита Земли целиком лежит внутри орбиты кометы, хвост же кометы направлен от Солнца.
6. Такой спутник называется геостационарным. Он движется в плоскости земного экватора на расстоянии от земной поверхности $h = 35788$ км. Скорость спутника на стационарной орбите $v = 3,07$ км/с.
7. Самолет движется со скоростью $v = 800$ км/ч относительно точки на экваторе Земли, которая сама движется в ту же сторону за счет осевого вращения Земли. Скорость этого движения определяется формулой:

$$v_0 = \frac{2\pi R}{T_0}$$

и составляющей 1674 км/ч. Здесь R – экваториальный радиус Земли (6378,1 км), а T_0 – продолжительность звездных суток (23,933 часа). Полная скорость самолета составляет 2474 км/ч. Двигаясь с такой скоростью,

самолет сделает полный оборот вокруг Земли за время

$$T = \frac{2\pi(R + h)}{v + v_0},$$

то есть за 16,22 часа. Здесь h – высота самолета над поверхностью Земли. Чтобы постоянно находиться над самолетом, искусственный спутник должен обращаться вокруг Земли в том же направлении и с тем же периодом T . Радиус орбиты спутника вычисляется из обобщенного III закона Кеплера:

$$r = \sqrt[3]{\frac{GMT^2}{4\pi^2}},$$

что составляет 32,53 тысячи километров (M – масса Земли). Расстояние между спутником и самолетом будет равно:

$$d = r - h - R = 26,14 \text{ тыс. км.}$$

8. Будет, поскольку Земля осуществляет и орбитальное движение вокруг Солнца с периодом один год.

9. Вращение Земли вокруг оси наиболее убедительно доказывается с помощью маятника Фуко, а вращение вокруг Солнца – по наличию годичного параллакса звезд.

10. Затмения бывают вблизи тех точек эклиптики, где ее пересекает орбита Луны. Значит, затмения повторяются приблизительно через полгода. Следовательно, второе затмение может произойти летом, в конце июня, а третье – в конце декабря.

11. Луна движется навстречу суточному вращению небесной сферы со скоростью около 13° в сутки. Небесная сфера вращается со скоростью 15° за час. Значит, восход Луны будет запаздывать каждый день на

$60'' \cdot \left(\frac{13^\circ}{15^\circ} \right) = 52''$. Получается, что после восхода во вторник перед полночью в среду Луна не взойдет, а появится только в четверг вскоре после полуночи, в 00^h37^m .

12. Сидерическому месяцу.

13. Только за счет эффекта фазы освещенность, создаваемая Луной на Земле, должна была бы измениться в лишь ~ 2 раза. С увеличением фазы растет поверхностная яркость Луны, из-за этого меняется угол падения солнечных лучей на поверхность Луны: увеличивается доля рассеянного в сторону Земли света, уменьшаются тени, отбрасываемые неровностями рельефа на Луне.

14. Периоды невидимости колец у Сатурна повторяются примерно через 15 лет.

15. Двойная видимость Венеры возможна в средних широтах в том

случае, если вблизи момента нижнего соединения Венеры с Солнцем склонение планеты существенно отличается от склонения Солнца.

16. По внешнему виду комету и далекую туманность различить практически невозможно. Только перемещение кометы относительно звезд доказывает, что это объект Солнечной системы.

17. Найдем расстояние от Солнца до точек афелия и перигелия орбиты кометы:

$$\begin{aligned} r_{\min} &= a(1 - e) = 0,594 \text{ а. е.}, \\ r_{\max} &= a(1 + e) = 35,4 \text{ а. е.} \end{aligned}$$

Освещенность падает обратно пропорционально квадрату расстояния до объекта, поэтому освещенность в перигелии будет в $\frac{r_{\max}^2}{r_{\min}^2} = 3550$ раз больше, а значит, звездная величина будет отличаться $\Delta m = 2,5 \lg \frac{r_{\max}^2}{r_{\min}^2} = 8,9$, то есть приблизительно на 9^m .

18. Незаходящие звезды имеют склонение $\delta \geq 90^\circ - \varphi$, а условием верхней кульминации является $\delta = \varphi$. Система этих неравенств дает решение задачи: $\varphi \geq 45^\circ$.

19. Таких точек не существует.

20. На экваторе Солнце пересекает горизонт почти под прямым углом.

Диаметр Солнца $0,5^\circ$, его угловая скорость суточного вращения $\frac{360^\circ}{24^h} = 15^\circ$ в час. Значит, восход длится $\frac{0,5}{15}$ часа, то есть 2 минуты. На полюсе суточное вращение не перемещает Солнце относительно горизонта, поэтому нужно рассматривать движение Солнца по эклиптике. Солнце пересекает горизонт под углом $23,5^\circ$ с угловой скоростью $\frac{360^\circ}{1(\text{год})}$. Значит, его вертикальная скорость составляет $\frac{360^\circ \cdot \sin 23,5^\circ}{1(\text{год})} = 0,4^\circ / \text{сут}$. Следовательно,

восход или заход Солнца на полюсе продолжается чуть больше суток.

21. Каждая кульминация неподвижных светил наступает на 3^m56^s раньше, чем в предыдущий день (суточное отличие звездных суток от солнечных). Поэтому за 8 дней набегает разница в $3^m56^s \times 8 = 31^m28^s$. Значит, кульминация произойдет в $19^h28^m32^s$.

22. Будем считать орбиты Венеры и Земли окружностями. Видимое с Земли угловое удаление Венеры от эклиптики будет наибольшим из возможных, если гелиоцентрические долготы планет одинаковы и отличаются от долгот узлов орбиты Венеры на 90° (рис. 2).

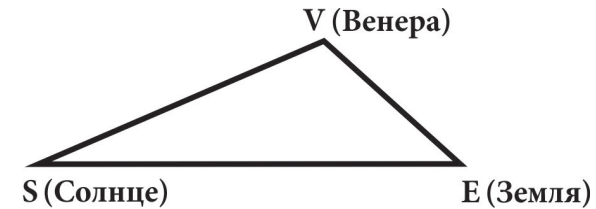


Рис. 2.

В треугольнике SVE сторона $SE = 1$ а. е., сторона $SV = 0,723$ а. е., угол $ESV = 3,4^\circ$, а угол SEV есть искомое удаление Венеры от эклиптики. Сначала вычислим сторону EV , воспользовавшись теоремой косинусов:

$$\begin{aligned} (EV)^2 &= (SE)^2 + (SV)^2 - 2 \cdot SE \cdot SV \cdot \cos(\angle ESV); \\ (EV)^2 &= (1)^2 + (0,723)^2 - 2 \cdot 1 \cdot 0,723 \cdot \cos 3,4^\circ; \\ EV &= 0,282 \text{ а. е.} \end{aligned}$$

Затем найдем $\angle SEV$, применив теорему синусов:

$$\begin{aligned} \frac{SV}{\sin(\angle SEV)} &= \frac{EV}{\sin(\angle ESV)}; \\ \sin(\angle SEV) &= SV \cdot \frac{\sin(\angle ESV)}{EV}; \\ \sin(\angle SEV) &= 0,723 \cdot \frac{\sin 3,4^\circ}{0,282} = 0,152; \\ \angle SEV &= 8,7^\circ. \end{aligned}$$

Венера при наблюдении с Земли может отдаляться от эклиптики не более чем на $8,7^\circ$.

23. Пусть R – расстояние до звезды, v – скорость в направлении наблюдателя, n – число, показывающее, во сколько раз увеличился блеск звезды. Освещенность изменяется обратно пропорционально квадрату расстояния, поэтому:

$$n = \left(\frac{R}{R - vt} \right)^2,$$

где t – время, за которое освещенность изменяется в n раз. Следовательно:

$$t = \frac{R}{v} \left(1 - \sqrt{\frac{1}{n}} \right).$$

Выражая R в км, v в км/год, получим, что t в годах. Подставляя числовые данные, получим, что блеск Сириуса возрастет вдвое через 97 тыс. лет.

24. Изменение блеска на $1,5^m$ означает изменение светимости в $2,512^{1,5} = \sqrt{2,512^3} \approx 4$ раза. А поскольку яркость единицы поверхности звезды остается неизменной, то поверхность звезды увеличивается в четыре раза, а радиус – в два раза.

25. Из уравнения: $\frac{R^2}{R^2 - r^2} = 2,512^{8-6} = 2,512^2$ найдем отношение радиусов $R/r = 1,1$ и отношение объемов $1,1^3 = 1,3$.

26. По представленной кривой определяем такие значения, как:

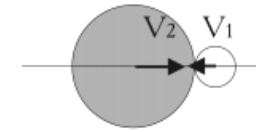
- период обращения звезд $P = 20^d$;
- полная продолжительность затмения $\Delta T = 24^d$;
- продолжительность полной фазы $\Delta F = 1^d$;
- глубина главного минимума $\Delta m_1 = 1^m$;
- глубина вторичного минимума $\Delta m_2 = 0,5^m$.

Общая продолжительность затмения ΔT – величина, пропорциональная сумме диаметров звезд, а продолжительность полной фазы ΔF – величина, пропорциональная разности их диаметров (большой – меньший).



Рис. 3.

То есть, обозначив через k коэффициент пропорциональности,



$$D_1 + D_2 = k \cdot 2d, D_2 + D_1 = k \cdot 1d.$$

$$\text{Отсюда, } D_1 = 0,5d \cdot k, D_2 = 1,5d \cdot k, \frac{D_2}{D_1} = 3.$$

Зная время, затрачиваемое звездой на перемещение по орбите на величину своего диаметра (а это и есть 0,5 и 1,5 суток), и относительную скорость движения по орбите ($v_1 = v_2$) вычислим радиусы звезд:

$$R_1 = \frac{1}{2} \cdot 0,5^d \cdot (v_1 + v_2) = 2,8 \cdot 10^6 \text{ км}$$

$$R_2 = 3R_1 = 8,4 \cdot 10^6 \text{ км.}$$

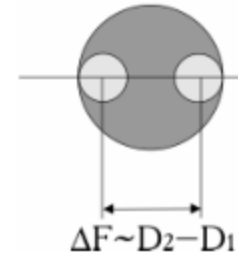
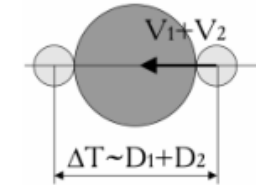
Радиусы орбит найдем из условия:

$$2\pi a = v \cdot P,$$

где v – скорость движения звезды:

$$a_1 = \frac{v_1 \cdot P}{2\pi} = 1,47 \cdot 10^7 \text{ км}$$

$$a_2 = \frac{v_2 \cdot P}{2\pi} = 2,2 \cdot 10^7 \text{ км.}$$



Во время главного минимума затмевается горячая звезда (это не сложно доказать – суммарная видимая площадь поверхностей звезд одинакова в момент главного и вторичного минимума и равна площади большей звезды, так как меньшая звезда либо будет не видна, находясь за большой, либо ее диск проецируется на диск большей звезды, не увеличивая площадь; а значит, чтобы больше уменьшить блеск, надо скрыть от глаз наблюдателя горячую звезду). Светимость системы вне затмения равна сумме светимости звезд:

$$L = L_1 + L_2 = 4\pi\sigma(R_1^2 \cdot T_1^4 + R_2^2 \cdot T_2^4).$$

Индекс 2 относится к более холодной звезде.

Тогда по формуле Погсона:

$$\frac{L}{L_2} = \frac{R_1^2 \cdot T_1^4 + R_2^2 \cdot T_2^4}{R_2^2 \cdot T_2^4} = 10^{0,4\Delta m_1}.$$

$\Delta m_1 = 1^m$, значит отношение светимостей 2,512. Находим температуру более холодной звезды:

$$T_2 = \frac{T_1}{\sqrt[4]{2,512-1}} \sqrt{\frac{R_1}{R_2}} \approx 5200 K.$$

27. Если считать спутник зеркальной сферой с альбедо $A = 50 \%$, то при $R = 1,5$ м (радиус спутника) и $S = 36000$ км (расстояние до него), разница в блеске Солнца и спутника:

$$\Delta m = 2,5 \lg \frac{4}{A} + 5 \lg \frac{S}{R} = 39,2.$$

Приняв блеск Солнца $m_c = -26,6$, получим визуальную яркость спутника $m = 12,6$. Для видимости такого объекта нужен будет крупный телескоп.

28. Поскольку Солнце вращается вокруг центра Галактики со скоростью около 250 км/с, результирующая скорость корабля будет почти такой же и направленной в ту же сторону, что и у Солнца. Иными словами, орбита космического корабля не будет существенно отличаться от галактической орбиты Солнечной системы, и корабль никогда не попадет в центр Галактики.

29. Притяжение Луны в шесть раз меньше земного, поэтому атомы и молекулы, составляющие атмосферу, смогли за долгие годы эволюции покинуть Луну, но не могут вырваться с Земли.

30. Нет (внешний вид некоторых планетарных туманностей напоминает диски планет).

$$31. \text{ Очевидно, их около } \frac{10^8}{50} = 2 \cdot 10^6.$$

32. Плотность белого карлика составит $2 \cdot 10^6$ плотности Солнца.

33. За счет эффекта Доплера линии сдвинуты в голубую сторону, а за счет гравитационного красного смещения на поверхности звезды – в противоположную сторону. Вычисления показывают, что оба эффекта в точности компенсируют друг друга и смещение линий в спектре отсутствует.

3.2. Справочная информация

В таблице 2 приведен перечень справочных данных, которые считаются известными при решении заданий всех этапов олимпиады школьников по астрономии.

Справочные данные раздаются участникам регионального и заключительного этапов олимпиады по астрономии в полном объеме.

На школьном и муниципальном этапах справочные данные могут раздаваться в частном объеме. В этом случае должны быть выделены та информация и численные параметры, которые необходимы для решения задач. Исключение справочных данных, входящих в приводимый список и

имеющих отношение хотя бы к одной из задач, предлагаемых в комплекте, недопустимо.

Таблица 2

Основные физические и астрономические постоянные	
Гравитационная постоянная	$G = 6,672 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3 \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{с}^{-2}$
Скорость света в вакууме	$c = 2,998 \cdot 10^8 \text{ м/с}$
Универсальная газовая постоянная	$R = 8,31 \text{ м}^2 \cdot \text{кг} \cdot \text{с}^{-2} \cdot \text{К}^{-1} \cdot \text{моль}^{-1}$
Постоянная Стефана–Больцмана	$\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ кг} \cdot \text{с}^{-3} \cdot \text{К}^{-4}$
Масса протона	$m_p = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$
Масса электрона	$m_e = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$
Астрономическая единица	$1 \text{ а. е.} = 1,496 \cdot 10^{11} \text{ м}$
Парсек	$1 \text{ пк} = 206265 \text{ а. е.} = 3,086 \cdot 10^{16} \text{ м}$
Постоянная Хаббла	$H = 72 \text{ (км/с)/Мпк}$
Данные о Солнце	
Радиус	696 000 км
Масса	$1,989 \cdot 10^{30} \text{ кг}$
Светимость	$3,88 \cdot 10^{26} \text{ Вт}$
Спектральный класс	G2
Видимая звездная величина	$-26,78^m$
Абсолютная болометрическая звездная величина	$+4,72^m$
Показатель цвета	$(B-V) + 0,67^m$
Эффективная температура	5800 К
Средний горизонтальный параллакс	$8,794''$
Интегральный поток энергии на расстоянии Земли	1360 Вт/м^2
Поток энергии в видимых лучах на расстоянии Земли	600 Вт/м^2
Данные о Земле	
Эксцентриситет орбиты	0,017

Тропический год	365,24219 суток
Средняя орбитальная скорость	29,8 км/с
Период вращения	23 часа 56 минут 04 секунды
Наклон экватора к эклиптике на эпоху 2000 года	23°26'21,45"
Экваториальный радиус	6378,14 км
Полярный радиус	6356,77 км
Масса	5,974·10 ²⁴ кг
Средняя плотность	5,52 г·см ⁻³
Объемный состав атмосферы	N ₂ (78 %), O ₂ (21 %), Ar (~1 %)
Данные о Луне	
Среднее расстояние от Земли	384400 км
Минимальное расстояние от Земли	356410 км
Максимальное расстояние от Земли	406700 км
Эксцентриситет орбиты	0,055
Наклон плоскости орбиты к эклиптике	5°09'
Сидерический (звездный) период обращения	27,321662 суток
Синодический период обращения	29,530589 суток
Радиус	1738 км
Масса	7,348 · 10 ²² кг
Средняя плотность	3,34 г · см ⁻³
Визуальное геометрическое альbedo	0,12
Видимая звездная величина в полнолуние	– 12,7 ^m

4. МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОГРАММ ОЛИМПИАДЫ ПО АСТРОНОМИИ

4.1. Список литературы

1. Всероссийская олимпиада школьников по астрономии / авт.-сост.: А. В. Засов, А. С. Расторгуев, В. Г. Сурдин [и др.]. – М. : АПК и ППРО, 2005.
2. Гаврилов, М. Г. Звездный мир : сборник задач по астрономии и космической физике / М. Г. Гаврилов. – Черногловка–Москва, 1998.
3. Иванов, В. В. Парадоксальная Вселенная. 175 задач по астрономии / В. В. Иванов, А. В. Кривов, П. А. Денисенков. – СПб. : СПбГУ, 1997.
4. Кононович, Э. В. Общий курс астрономии : учебное пособие / Э. В. Кононович, В. И. Мороз ; под ред. В. В. Иванова. – М. : Едиториал УРСС, 2001.
5. Куликовский, П. Г. Справочник любителя астрономии / П. Г. Куликовский. – М. : УРСС, 2002.
6. Московские астрономические олимпиады 1997–2002 / под ред. О. С. Угольников и В. В. Чичмаря. – М. : МИОО, 2002.
7. Московские астрономические олимпиады 2003–2005/ под ред. О. С. Угольников и В. В. Чичмаря. – М. : МИО, 2005.
8. Сурдин, В. Г. Астрономические олимпиады: задачи с решениями / В. Г. Сурдин. – М. : МГУ, 1995.
9. Сурдин, В. Г. Астрономические задачи с решениями / В. Г. Сурдин. – М. : УРСС, 2002.
10. Угольников, О. С. Всероссийская олимпиада школьников по астрономии в 2006 году / О. С. Угольников. – М. : АПК и ППРО, 2006.

Информация об олимпиадах в сети Интернет

1. Портал Всероссийской олимпиады школьников. – URL : <http://www.rosolymp.ru>.
2. Сайт Всероссийской олимпиады школьников по астрономии. – URL : <http://www.astroolymp.ru>
3. Краткий астрономический словарь. – URL : <http://moscowaleks.narod.ru/galaxy38.html>

4.2. Словарь астрономических терминов

Азимут – угловое расстояние по математическому горизонту от точки юга (астрономический) или севера (геодезический) до вертикала светила.

Апогей – наиболее удаленная от Земли точка орбиты обращающегося вокруг нее тела.

Аргумент перигелия – угол в плоскости орбиты небесного тела, образованный направлениями на восходящий узел и точку перигелия орбиты (отсчитывается против часовой стрелки).

Астероид (малая планета) – небольшое планетоподобное тело неправильной формы с орбитой, расположенной, как правило, между орбитами Марса и Юпитера.

Афелий – наиболее удаленная от Солнца точка орбиты обращающегося вокруг него тела.

Болид – метеор, превосходящий по яркости Венеру.

Величина звездная – число, характеризующее блеск объекта (чем меньше значение звездной величины, тем больше блеск).

Вертикаль – большой полукруг небесной сферы, проходящий через зенит, светило и надир.

Восход – момент пересечения светилом горизонта, когда оно переходит из невидимой части небесной сферы в видимую часть.

Восхождение прямое – угловое расстояние по небесному экватору, отсчитанное от точки весеннего равноденствия до часового круга (или круга склонения), проходящего через светило. Отсчитывается в сторону, противоположную суточному вращению небесной сферы.

Время атомное – время, эталоном которого является одна секунда атомных цезиевых часов.

Время всемирное – местное среднее солнечное время гринвичского меридиана.

Время всемирное координированное – время, используемое в повседневной жизни, сигналы которого транслируются по радио. В его основе лежит атомная секунда, а числовое значение подбирается так, чтобы оно не отличалось от всемирного времени больше чем на одну секунду.

Время декретное – время, передвинутое на один час вперед по сравнению с поясным временем.

Время звездное – время, протекшее от момента верхней кульминации точки весеннего равноденствия до ее данного положения, выраженное в долях звездных суток. Численно равно часовому углу точки весеннего равноденствия.

Время истинное солнечное – время, протекшее от момента нижней кульминации истинного Солнца до его данного положения, выраженное в долях истинных солнечных суток. Численно равно часовому углу центра Солнца с добавлением 12 часов.

Время летнее – время, вводимое на летний период путем перевода стрелок на один час вперед.

Время местное – время, относящееся к данному географическому меридиану (различают местное звездное, местное истинное и местное среднее солнечное время).

Время поясное – местное среднее солнечное время основного гео-

графического меридиана того часового пояса, в котором расположен данный пункт наблюдений.

Время среднее солнечное – время, протекшее от момента нижней кульминации среднего экваториального Солнца до его данного положения, выраженное в долях средних солнечных суток. Численно равно часовому углу среднего экваториального Солнца с добавлением 12 часов.

Высота – угловое расстояние по вертикали от математического горизонта до светила.

Галилеевы спутники Юпитера – четыре крупнейших спутника Юпитера, открытые Галилеем – Ио, Европа, Ганимед и Каллисто.

Год тропический – промежуток времени между двумя последовательными прохождениями среднего солнца через точку весеннего равноденствия.

Голова кометы – ядро и кома кометы.

Горизонт математический – большой круг небесной сферы, плоскость которого перпендикулярна к отвесной линии.

Дата юлианская – порядковый номер дня, полученный в результате непрерывного счета дней от 1 января 4713 г. до н. э. (началом каждого юлианского дня считается средний гринвичский полдень).

Движение обратное (попятное) – движение с востока на запад.

Движение планет видимое – наблюдаемое перемещение планет относительно звезд.

Движение прямое – движение с запада на восток.

Движение звезды собственное – движение звезды по небесной сфере относительно окружающих ее более далеких звезд.

Дождь метеорный – метеорный поток большой интенсивности.

Долгота географическая – двугранный угол между плоскостями нулевого меридиана и меридиана, проходящего через точку пункта наблюдений на Земле.

Долгота восходящего узла – угол в плоскости эклиптики, образованный направлениями на точку весеннего равноденствия и восходящий узел орбиты небесного тела (отсчитывается против часовой стрелки).

Единица астрономическая (а. е.) – среднее расстояние между Землей и Солнцем.

Затмение лунное – явление прохождения Луны через земную тень (теневое затмение) или полутень (полутеневое затмение).

Затмение солнечное – явление покрытия Луной диска Солнца (бывает полным, частным и кольцеобразным).

Заход – момент пересечения светилом горизонта, когда оно переходит из видимой части небесной сферы в невидимую часть.

Зенит – точка пересечения отвесной линии с поверхностью небесной сферы в видимой части небесной сферы.

Зенитное часовое число – количество метеоров данного потока, которое увидел бы наблюдатель невооруженным глазом за один час на ночном небе при радианте потока, находящемся в зените.

Класс спектральный – характеристика спектра и поверхностной температуры звезды. Различают семь основных и три боковых класса, каждый класс делится на десять подклассов.

Кома кометы – облако из пыли и газа, окружающее ядро кометы.

Комета – тело малой плотности, состоящее из газа и пыли и обращающееся вокруг Солнца. У комет различают голову, образуемую ядром и окружающей его комой, и хвост.

Координаты горизонтальные – измеренные относительно математического горизонта (азимут и высота).

Координаты экваториальные – измеренные относительно небесного экватора (прямое восхождение или часовой угол и склонение).

Круг небесной сферы большой – пересечение небесной сферы с произвольной плоскостью, проходящей через центр небесной сферы.

Круг небесной сферы часовой – большой полукруг небесной сферы, проходящий через полюсы мира и светило.

Кульминация – момент пересечения светилом небесного меридиана.

Лимб – видимый край диска светила в проекции на небесную сферу.

Линия отвесная – прямая линия, совпадающая с направлением нити отвеса в данной точке Земли.

Меридиан географический – большой полукруг, проходящий через полюсы Земли.

Меридиан небесный – большой круг небесной сферы, плоскость которого проходит через отвесную линию и ось мира.

Меридиан нулевой (гринвичский) – меридиан, проходящий через Гринвичскую обсерваторию в Англии.

Меридиан основной (центральный) часового пояса – географический меридиан, проходящий приблизительно посередине часовых поясов и отстоящий точно на 15 градусов по долготе друг от друга.

Метеор – световое явление в атмосфере Земли при попадании и сгорании в ней метеороида.

Метеорит – метеороид, упавший на поверхность Земли или другой планеты.

Метеороид – твердое тело, движущееся в межпланетном пространстве, размером меньше астероида.

Надир – точка пересечения отвесной линии с поверхностью небесной сферы в невидимой части небесной сферы.

Наклонение орбиты – двугранный угол, образованный плоскостями эклиптики и орбиты небесного тела.

Новолуние – фаза Луны, при которой ее эклиптическая долгота равна эклиптической долготе Солнца.

Ночь астрономическая – продолжительность астрономических сумерек, когда Солнце погружено под горизонт ниже 18 градусов.

Ось мира – прямая, вокруг которой происходит кажущееся вращение небесной сферы.

Параллакс годовой – угол, под которым из данной точки виден радиус орбиты Земли.

Параллакс суточный – угол, под которым из данной точки виден радиус Земли.

Перигей – наиболее близкая к Земле точка орбиты обращающегося вокруг нее тела.

Перигелий – наиболее близкая к Солнцу точка орбиты обращающегося вокруг него тела.

Планет конфигурации – взаимные расположения планет и Солнца на небесной сфере относительно земного наблюдателя.

Пояс часовой – участок Земли, для всех точек которого принимается одинаковое поясное время.

Покрытия небесных тел Луной – явления закрытия диском Луны небесных тел при ее движении относительно звезд.

Покрытия звезд астероидами – явления закрытия диском астероида звезды.

Полнолуние – фаза Луны, при которой разность эклиптических долгот Солнца и Луны равна 180 градусам.

Популяционный индекс – среднее отношение количества метеоров данного потока с блеском ярче величины $(m+1)$ к количеству метеоров этого потока ярче величины m .

Поток метеорный – 1) явление множественного падения метеоров в течение нескольких часов или дней из одного радианта; 2) рой метеороидов, движущихся по одной орбите вокруг Солнца.

Противостояние – конфигурация двух небесных тел, при которой разность их эклиптических долгот равна 180 градусам.

Равноденствие – момент пересечения центра диска Солнца небесного экватора, при переходе в Северное полушарие (весеннее) или Южное (осеннее).

Равноденствия точки – точки пересечения небесного экватора и эклиптики (точки весеннего и осеннего равноденствия). В точке весеннего равноденствия Солнце пересекает небесный экватор, переходя из Южного полушария небесной сферы в Северное.

Равноденствия эпоха – момент времени, в который положение точки весеннего равноденствия принимается в качестве начала отсчета экваториальных и эклиптических координат.

Радиянт – точка схождения параллельных лучей в перспективе (очень четко определяется для метеоров, принадлежащих к одному потоку).

Рефракция – явление преломления света на границе двух сред с разной оптической плотностью. Астрономическая рефракция увеличивает видимую высоту светил над горизонтом.

Сарос – цикл затмений, повторяющийся с интервалом 6585 суток (18 лет и 10 (11) дней). В саросе содержится 41 солнечное и 29 лунных затмений.

Склонение – угловое расстояние по часовому кругу от небесного эква-

тора до светила. Положительное значение к северу и отрицательное к югу.

Скорость лучевая – проекция скорости небесного тела относительно наблюдателя на линию визирования. Лучевая скорость положительна в случае удаления тела от наблюдателя и отрицательна в случае приближения.

Соединение – конфигурация двух небесных тел, при которой их эклиптические долготы равны. В случае соединения внутренней планеты с Солнцем различают нижнее соединение – когда планета расположена между Землей и Солнцем, и верхнее соединение – когда планета расположена за Солнцем.

Солнце среднее экваториальное – воображаемая точка, равномерно движущаяся по небесному экватору так, что в каждый момент ее прямое восхождение равно средней долготе истинного Солнца.

Солнцестояние – точки эклиптики в момент наибольшего склонения центра Солнца (летнее) или в момент наименьшего склонения центра Солнца (зимнее).

Стояние – кажущаяся остановка в видимом движении планеты при переходе от прямого движения к попятному движению и наоборот.

Сумерки – часть суток после захода Солнца или перед его восходом.

Сумерки астрономические – ограничиваются погружением Солнца под горизонт до 18 градусов. При большем погружении начинается астрономическая ночь.

Сумерки гражданские – ограничиваются погружением Солнца под горизонт до 6 градусов.

Сумерки навигационные – ограничиваются погружением Солнца под горизонт до 12 градусов.

Сутки звездные – промежуток времени между двумя последовательными одноименными кульминациями точки весеннего равноденствия на одном и том же географическом меридиане.

Сутки истинные солнечные – промежуток времени между двумя последовательными одноименными кульминациями центра видимого диска Солнца на одном и том же географическом меридиане.

Сутки средние солнечные – промежуток времени между двумя последовательными одноименными кульминациями среднего экваториального Солнца на одном и том же географическом меридиане.

Сфера небесная – сфера произвольного радиуса с центром в произвольной точке пространства, на которую радиально спроектированы небесные светила так, как они видны в данный момент времени.

Терминатор – линия, отделяющая темную часть видимого диска планеты от светлой.

Толща оптическая – натуральный логарифм отношения интенсивности света до входа в поглощающую среду к его интенсивности после ее прохождения.

Узел – точка пересечения орбиты небесного тела с эклиптической. Различают восходящий и нисходящий узлы.

Угол часовой – угловое расстояние, отсчитанное по небесному экватору в сторону суточного движения небесной сферы от верхней точки экватора до часового круга, проходящего через светило.

Уравнение времени – разность между средним и истинным солнечным временем в один и тот же физический момент.

Фаза затмения – отношение закрытой части диаметра затмеваемого тела, проходящего через центр затмевающего тела, к полному диаметру затмеваемого тела. Для полного затмения эта величина равна единице плюс отношение минимального расстояния между краями затмевающего и затмеваемого тела к диаметру затмеваемого тела.

Фаза планеты – отношение площади освещенной части видимого диска ко всей его площади.

Хвост кометный – газопылевой хвост кометы.

Широта географическая – угол между плоскостью земного экватора и отвесной линией.

Экватор земной – большой круг на поверхности Земли, плоскость которого перпендикулярна оси вращения.

Экватор небесный – большой круг небесной сферы, плоскость которого перпендикулярна к оси мира.

Эклиптика – 1) плоскость орбиты Земли; 2) видимый годичный путь центра Солнца относительно звезд на небесной сфере.

Эксцентриситет – величина, характеризующая отличие формы орбиты от круговой (для окружности эксцентриситет равен нулю, для параболы – единице).

Элементы орбиты – набор параметров, однозначно характеризующий орбиту небесного тела в пространстве в определенной системе координат.

Элонгация – угловое расстояние планеты (кометы, астероида) от Солнца. Различают восточную (планета к востоку от Солнца) и западную (планета к западу от Солнца) элонгацию.

Эпоха – момент времени, выбранный в качестве начального отсчета.

Эфемерида – таблица, в которой приведены вычисленные координаты небесного тела для различных моментов времени.

Учебное издание

СМИРНОВА Марина Александровна,
УТКИН Евгений Дмитриевич,
МЕРКУЛОВА Ольга Олеговна,
ФЁДОРОВ Олег Анатольевич

ОЛИМПИАДЫ ПО АСТРОНОМИИ

Учебно-методическое пособие

Корректор В. А. Яковлева

Верстка О. А. Надточий

Подписано в печать 13.03.2017. Бумага «Mondi».
Гарнитура «Myriad Pro». Формат 60х84^{1/16}.
Тираж 500 экз. (1-й завод 1–130 экз.). Объем 2,5 п. л. Заказ № 1070-16.

Сахалинский государственный университет.
693008, г. Южно-Сахалинск, ул. Ленина, 290, каб. 32.
Тел. (4242) 45-23-16, тел./факс (4242) 45-23-17.
E-mail: izdatelstvo@sakhgu.ru, polygraph@sakhgu.ru