

Министерство образования Московской области
Московский государственный областной университет

**ЗАДАНИЯ ОЛИМПИАД
ШКОЛЬНИКОВ
МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ
ПО АСТРОНОМИИ**



Москва - 2006

Всероссийская олимпиада школьников по астрономии и физике космоса проводится ежегодно с 1994 года. На заключительный этап олимпиады (V этап) приезжают школьники – победители региональных астрономических олимпиад (III этап). Четвертый этап (олимпиады федеральных округов) в астрономической олимпиаде в настоящее время отсутствует.

Московская областная астрономическая олимпиада проводится с 1996 года. Первые четыре олимпиады прошли в г. Черноголовка, две последующие — в г. Пущино. Начиная с 2004 года, Московская областная олимпиада по астрономии и физике космоса проводится в Московском государственном областном университете (МГОУ).

На областную олимпиаду в настоящее время приглашаются учащиеся 9-11 классов — победители районных (городских) астрономических олимпиад (олимпиады II этапа). В Московской области районные олимпиады с 2000 года проводятся местными комитетами образования по общим для всех районов задачам. Принять участие в районной олимпиаде фактически может каждый желающий, т.к. школьные астрономические олимпиады, как показывает практика, проводятся энтузиастами лишь в отдельных школах области.

Районный тур является важным звеном в подготовке ребят к участию в олимпиадах более высокого уровня. Задания II этапа олимпиады обычно доступны для интересующегося астрономией школьника. Во время подготовки к участию в этом этапе (как самостоятельной, так и под руководством учителя или педагога дополнительного образования) закладывается фундамент, необходимый для успешного выступления на областном этапе олимпиады.

Начинать участвовать в районных (городских) астрономических олимпиадах желательно с 5-6 класса. Это дает возможность получить опыт решения олимпиадных задач в условиях ограниченного времени и непривычной обстановки. Кроме того, именно в этом возрасте интерес школьника к астрономии максимален. Об этом говорит, например, распределение числа участников астрономической олимпиады в г. Железнодорожном — среди 171 участника, почти 100 человек учащиеся 5-7 классов. Этим надо активно пользоваться, закрепляя этот интерес.

По результатам районной олимпиады необходимо обязательно проводить награждение призеров, это дополнительно стимулирует ребят — они будут приходить на олимпиаду снова и снова, повышая свой уровень. Подобный рост уровня ребят хорошо заметен и на примере выступления на областном и российском этапе, когда место, занимаемое

школьником, растет год от года. По этой же причине, желательно выделять не 3-х призеров в каждой параллели, а 5-6 и больше. Существует неписанное правило награждать до 30-40% участников олимпиады (конечно, если уровень их выступления соответствует сложности задач). Отметим здесь же, что задачи районного тура 2006-2007 годов были достаточно сложными. Это соответствует общему направлению развития олимпиад, определенному Центральным оргкомитетом Всероссийских олимпиад.

При проверке решений задач районного тура жюри должно неформально подходить к оценке работ. Астрономия, особенно в 5-9 классах, является во многом описательной наукой. От школьника требуется не столько получить число, совпадающее с ответом, сколько показать свои знания по теме задачи, умение объяснять явления или понятия. В астрономии часто используются приближенные или оценочные формулы, поэтому иногда величины в ответе могут отличаться в несколько раз. Хотя часто в авторском решении задачи, идущем в олимпиадном комплекте, приводится вывод той или иной формулы, многие формулы допустимо использовать без вывода (например, в решении задачи 8.5-2003 этого сборника выводится формула визуальной разрешающей способности телескопа, тогда как школьник может узнать о ней из научно-популярной литературы, где она обычно приводится именно в таком «готовом» виде). Наконец, многие задачи могут быть решены разными способами. Надо поощрять работы, использующие нестандартные подходы при решении заданий олимпиады. В тоже время, иногда встречаются работы, авторы которых показывают полное незнание астрономии, при неплохом владении математическим и физическим аппаратом. Тогда, даже формально верное решение, но полученное из неверных астрономических посылок должно оцениваться низким балом. Также не высоко (например, 2 бала из 10) должны оцениваться работы с правильным ответом, но не содержащие решения или объяснения как был получен данный ответ.

Целенаправленную подготовку призеров районной олимпиады к участию в областном этапе надо начинать сразу после подведения итогов. Подготовиться самостоятельно к успешному выступлению на олимпиаде III этапа может далеко не каждый школьник. При такой самостоятельной подготовке неизбежны значительные пробелы в знаниях. Частично избежать этого поможет даже эпизодическое общение со знающим и заинтересованным педагогом. Большую помощь при такой схеме подготовки, когда в районе нет специалиста или у школьника нет постоянного контакта с ним, окажет приведенный в этом сборнике список

вопросов, рекомендуемых для подготовки к решению задач. Этот список был подготовлен центральной методической комиссией, которая приняла решение не выходить за установленные в нем рамки при составлении комплектов задач на III-IV этапы олимпиады.

Не секрет, что в подавляющем большинстве школ астрономия не преподается. В части школ, где формально она присутствует в школьной программе, ее часы отдаются под физику. Но даже в тех школах, где астрономия осталась, где есть квалифицированные педагоги, большая часть материала дается только в 11 классе. В итоге основная роль в преподавании астрономии, подготовки школьников к участию в олимпиадах принадлежит учреждениям системы дополнительного образования. Поэтому, для роста уровня выступления областной команды на Всероссийской и Международной олимпиадах, необходимы усилия по созданию в каждом районе области центров по изучению астрономии в системе дополнительного образования. Именно в них призеры II этапа могли бы проходить подготовку к участию в областной, а затем и во Всероссийской олимпиадах.

Согласно действующему сейчас положению, на областной этап астрономической олимпиады от каждого района области может быть делегирован 1 участник от каждой параллели (9-11 классы). За параллель 9 классов может выступать ученик 8 класса. Однако в положении содержится также пункт о том, что каждый район может ходатайствовать о включении в состав команды дополнительных участников, занявших призовые места на районном туре. Члены жюри областной олимпиады, члены методической комиссии призывают ответственных лиц районов активнее пользоваться этим правом. Это дает возможность ребятам получить новый опыт, показать себя, посмотреть на других, дает хороший стимул готовиться дальше. Как показывает практика, успешное выступление на олимпиаде зависит от разных, часто далеких от астрономии причин — даже успешно выступающий раз от раза ученик может сорваться и не занять 1 место. В результате, уже вся область может остаться без медали на Всероссийской олимпиаде.

Основой подготовки к заключительному этапу олимпиады являются недельные сборы команды Московской области, проводимые МГОУ. В команду включаются призеры областной олимпиады (2-3 ученика от каждой параллели, плюс запасные) — всего 10-12 человек. Сборы проводятся опытными педагогами, которые помимо собственно астрономических знаний имеют богатое олимпиадное прошлое. Участие в сборах должно стать обязательным условием поездки на V этап.

Большую помощь школьнику при подготовке к астрономической олимпиаде любого уровня оказывает участие в работе юношеских реферативных конференций. В Москве это реферативная секция конференции «Космический патруль» (проводится в Доме детского творчества на Воробьевых горах — бывшем Дворце пионеров), а в Московской области — реферативная конференция «Веговские чтения» (проводится в МАЦ «Вега» г. Железнодорожного). Ученик расширяет свой кругозор во время подготовки своего доклада, участвует в обсуждении докладов других ребят, получает навыки четко формулировать свои мысли во время устного выступления.

Вопросы по астрономии, рекомендуемые методической комиссией Всероссийской Олимпиады по астрономии и физике космоса для подготовки школьников к решению задач этапов Олимпиады

Для повышения качества подготовки школьников к участию во Всероссийской олимпиаде по астрономии и физике космоса центральная методическая комиссия Олимпиады составила список вопросов, рекомендуемых для подготовки к решению задач разных этапов. Помимо перечня разделов и вопросов по астрономии для каждой параллели он содержит краткий перечень дополнительных вопросов по физике и математике, которые могут встретиться при решении олимпиадных задач.

В 2007 году ожидается выход в свет сборника «Всероссийская олимпиада школьников по астрономии: содержание олимпиады и подготовка конкурсантов» (составитель О. С. Угольников), в котором будет достаточно подробно рассмотрена программа подготовки школьников к олимпиаде, приведены примеры задач разного уровня сложности и подробно рассмотрены их решения.

9 класс

1.1. Звездное небо.

Созвездия и ярчайшие звезды неба: названия, условия видимости в различные сезоны года.

1.2. 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.

1.3. 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.

1.4. Измерение времени.

Тропический год. Солнечные и звездные сутки, связь между ними. Солнечные часы. Местное, поясное время. Истинное 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 система календаря. Новый и старый стиль.

1.5. 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 афогейя. Определение масс небесных тел на основе закона всемирного тяготения. Расчеты времени межпланетных перелетов по касательной траектории.

1.6. 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.

1.7. 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. Покрывания звезд и планет Луной, условия их наступления. Понятие о приливах.

1.8. 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.

1.9. 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.

1.10. Электромагнитные волны.

Скорость света. Различные диапазоны электромагнитных волн. Видимый свет, длины волн и частоты видимого света. Радиоволны.

1.11. Общие представления о структуре Вселенной.

Пространственно-временные масштабы Вселенной. Наша Галактика и другие галактики, общее представление о размерах, составе и строении.

1.12. Измерения расстояний в астрономии.

Внесистемные единицы в астрономии (астрономическая единица, световой год, парсек, килопарсек, мегапарсек). Методы радиолокации, суточного и годичного параллакса. Аберрация света.

1.13. Дополнительные вопросы.

Дополнительные вопросы по математике: Запись больших чисел, математические операции со степенями. Приближенные вычисления. Число значащих цифр. Пользование инженерным 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 класс

2.1. 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.

2.2. 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.

2.3. Классификация звезд.

Представление о фотометрических системах UBVR, показатели цвета. Диаграмма «цвет-светимость» (Герцшпрунга-Рассела). Звезды главной последовательности, гиганты, сверхгиганты. Соотношение «масса-светимость» для звезд главной последовательности.

2.4. Движение звезд в пространстве.

Эффект Доплера. Лучевая скорость звезд и метод ее измерения. Тангенциальная скорость и собственное движение звезд. Апекс.

2.5. Двойные и переменные звезды.

Затменные переменные звезды. Спектрально-двойные звезды. Определение масс и размеров звезд в двойных системах. Внесолнечные планеты. Пульсирующие переменные звезды, их типы, кривые блеска. Зависимость «период-светимость» для цефеид. Долгопериодические переменные звезды. Новые звезды.

2.6. 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.

2.7. 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.

2.8. Ионизованное состояние вещества.

Понятие об ионизованном газе. Процессы ионизации и рекомбинации. Общее представление об ионах в атмосфере Земли и межпланетной среде. Магнитное поле Земли. Полярные сияния.

2.9. 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. Звздообразование. Межзвездное магнитное поле.

2.10. 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.

2.11. Дополнительные вопросы.

Дополнительные вопросы по математике: площадь поверхности 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 класс

3.1. Основы теории приливов.

Приливное воздействие. Понятие о радиусе сферы Хилла, полости Роша. Точки либрации.

3.2. 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.

3.3. 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.

3.4. Спектры звезд.

Основы спектрального анализа. Линии поглощения в спектрах звезд, спектральная классификация. Атмосферы Солнца и звезд. Фотосфера и хромосфера Солнца.

3.5. Спектры излучения разреженного газа.

Представление о спектрах солнечной короны, планетарных и диффузных туманностей, полярных сияний.

3.6. 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).

3.7. Эволюция Солнца и звезд.

Стадия гравитационного сжатия при образовании звезды. Время жизни звезд различной массы. Сверхновые звезды. Поздние стадии эволюции звезд: белые карлики, нейтронные звезды, черные дыры. Гравитационный радиус. Пульсары.

3.8. 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.

3.9. 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.

3.10. 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.

3.11. Дополнительные вопросы.

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 в случае малых x .

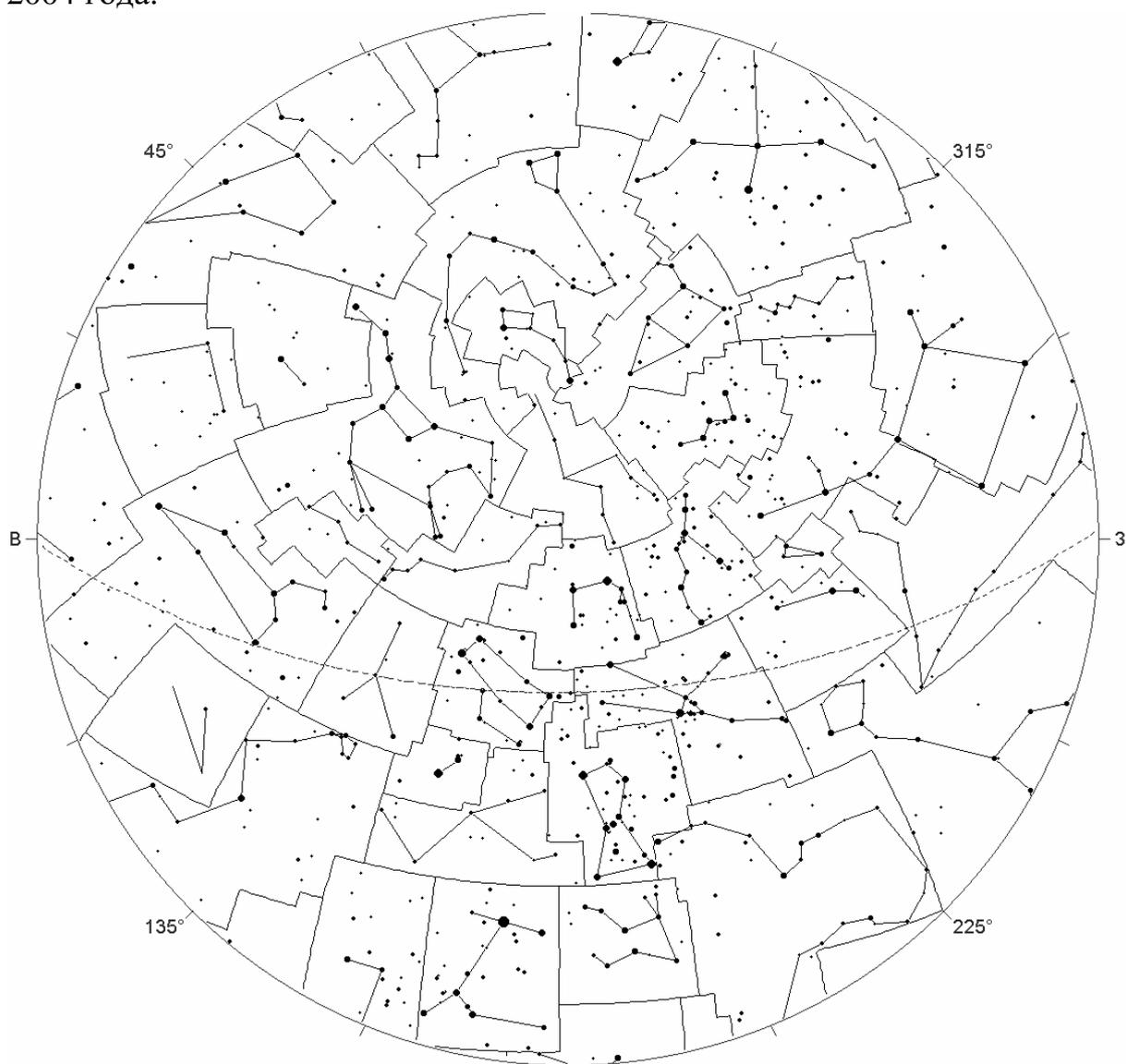
Дополнительные вопросы по физике: Элементы специальной теории относительности. Релятивистская формула для эффекта Доплера. Гравитационное красное смещение. Связь массы и энергии. Основные свойства элементарных частиц (электрон, протон, нейтрон, фотон). Квантовые и волновые свойства света. Энергия квантов, связь с частотой и длиной волны. Давление света. Спектр атома водорода. Космические лучи. Понятие об интерференции и дифракции.

Условия задач

Областная олимпиада по астрономии 2003-2004 г.

8 класс

8.1-2003. На выданной вам карте звездного неба подпишите все известные вам созвездия. Укажите положения планет и Луны на вечер 14 февраля 2004 года.



8.2-2003. Определите, на каких примерно широтах 23 февраля не наступает астрономическая ночь (астрономическая ночь начинается после погружения Солнца на 18 градусов под горизонт).

8.3-2003. 28 августа 2003 года произошло великое противостояние Марса.
а) Покажите на рисунке расположение Марса и Земли на их орбитах в этот день. б) В каком созвездии был виден Марс при наблюдении с Земли в период противостояния?

8.4-2003. Во время полнолуния Луна примерно в 12 раз ярче, чем в первой четверти. Почему?

8.5-2003. Оцените, детали какого размера можно было наблюдать на поверхности Марса во время великого противостояния 2003 года (радиус Марса 3400 км) в телескоп диаметром 200 мм.

9 класс

9.1-2003. На выданной вам карте звездного неба подпишите все известные вам созвездия. Укажите положения планет и Луны на вечер 14 февраля 2004 года (см. рис. в задаче 8.1-2003).

9.2-2003. Наблюдатель, живущий на экваторе, заметил, что Венера вошла ровно в 3 часа местного времени. Оцените фазу планеты в этот день.

9.3-2003. Определите, на каких примерно широтах 23 февраля не наступает астрономическая ночь (астрономическая ночь начинается после погружения Солнца на 18 градусов под горизонт).

9.4-2003. В рассказе японского писателя Акутагавы есть такой эпизод: «После одного из боев броненосец *** в сопровождении пяти кораблей медленно шел к бухте Чэнхэ. На море уже опустилась ночь. С левого борта над горизонтом висел большой красный серп Луны...» (пер. В. Гривнина)

а) Каким курсом шел броненосец? б) Нарисуйте как выглядел лунный серп? в) Почему он был красным?

9.5-2003. Орбита Венеры близка к окружности с радиусом 0,723 а.е., плоскость орбиты планеты образует с плоскостью орбиты Земли угол $3,4^\circ$. Как далеко может удаляться от эклиптики Венера для земного наблюдателя?

10 класс

10.1-2003. На выданной вам карте звездного неба подпишите все известные вам созвездия. Укажите положения планет и Луны на вечер 14 февраля 2004 года (см. рис. к задаче 8.1-2003).

10.2-2003. Определите, на каких широтах 23 февраля не наступает астрономическая ночь (астрономическая ночь начинается после погружения Солнца на 18 градусов под горизонт).

10.3-2003. В одной из галактик (расстояние до галактики 100 Мпс, постоянная Хаббла 75 км/сек/Мпс) вспыхнула сверхновая. а) Оцените, на какой длине волны надо искать линию водорода H α (лабораторная длина волны 6563А) в ее спектре. б) Оцените ширину линии H α .

10.4-2003. Можно ли верить сообщениям о визуальных наблюдениях спутника Марса Деймоса во время великого противостояния 2003 года в

телескоп диаметром 200 мм (диаметр Марса 6800 км, размер Деймоса 10 км)? Ответ подтвердите расчетами.

10.5-2003. Абсолютная звездная величина звезды главной последовательности α Девы с температурой поверхности 16000 К приблизительно равна -3^m . Оцените, во сколько раз ее плотность отличается от солнечной.

11 класс

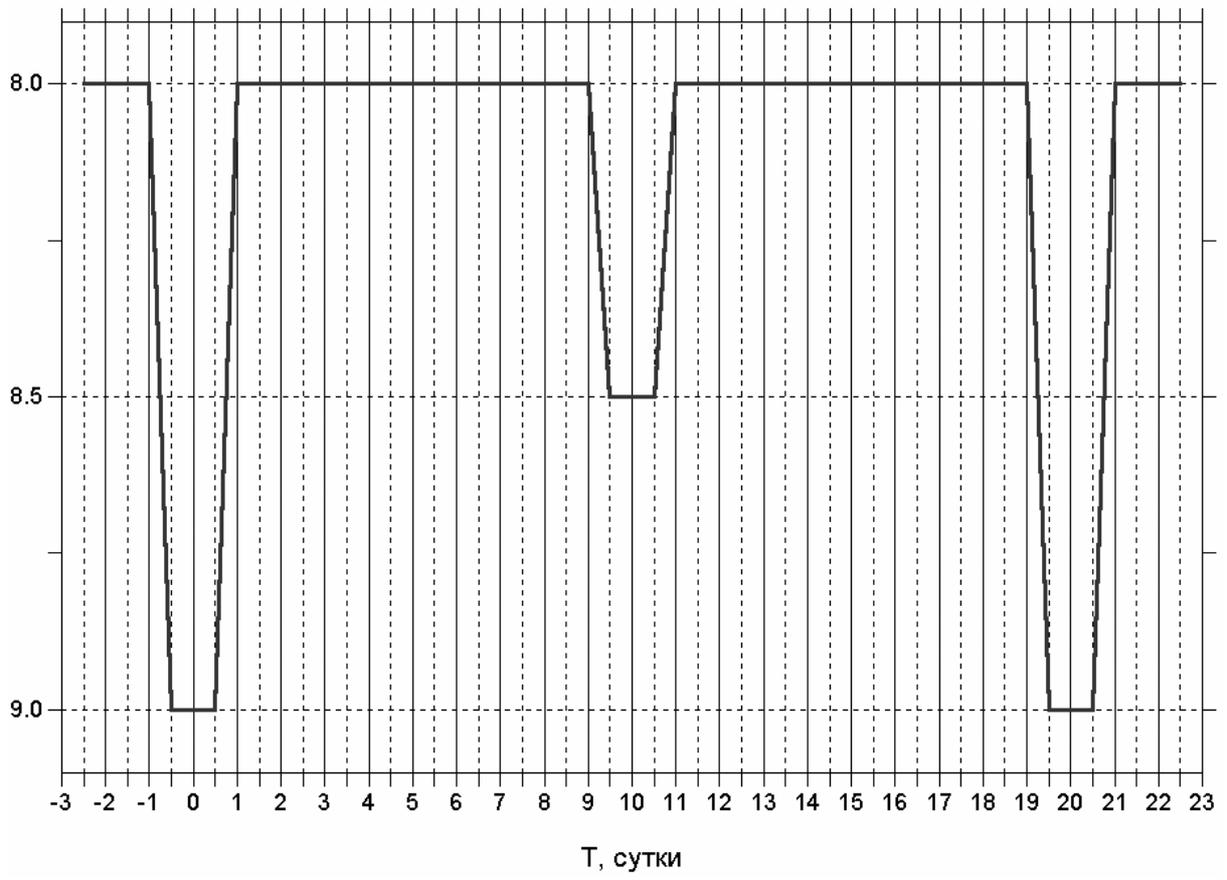
11.1-2003. На выданной вам карте звездного неба подпишите все известные вам созвездия. Укажите положения планет и Луны на вечер 14 февраля 2004 года (см. рис. к задаче 8.1-2003).

11.2-2003. Оцените, детали какого размера можно было наблюдать на поверхности Марса во время великого противостояния 2003 года (радиус Марса 3400 км) в телескоп диаметром 200 мм.

11.3-2003. Шел 2044 год. От одной из звезд созвездия Дракона был получен радиосигнал, похожий на искусственный. Перед вами, как перед руководителем группы астрономов, поставлена задача, определить, есть ли у данной звезды планета, теоретически пригодная для жизни (обладающая подходящей массой и расположенная на подходящем расстоянии от звезды). Для решения данной задачи можно воспользоваться прибором для измерения лучевых скоростей звезд (лучевая скорость – это скорость движения звезды в направлении наблюдателя). Вы можете выбрать один из трех подобных приборов. Один с точностью измерения ~ 100 м/сек (время требуемое для наблюдений ~ 1 год), другой – 10 м/сек (наблюдать придется около 2-х лет), третий – 0,1 м/сек (требует 3-х лет наблюдений). Сделайте свой выбор и обоснуйте его. Помните, что одновременно с вами эту задачу начали решать и американские ученые. Вам надо решить ее первыми.

11.4-2003. В какое время года и при каких условиях Луна имеет максимальный блеск при наблюдении ее из Москвы? Ответ поясните. Во сколько раз увеличивается при этом ее блеск относительно блеска в другие сезоны в этих же фазах? Эксцентриситет орбиты Земли равен 0,017, эксцентриситет орбиты Луны 0,055.

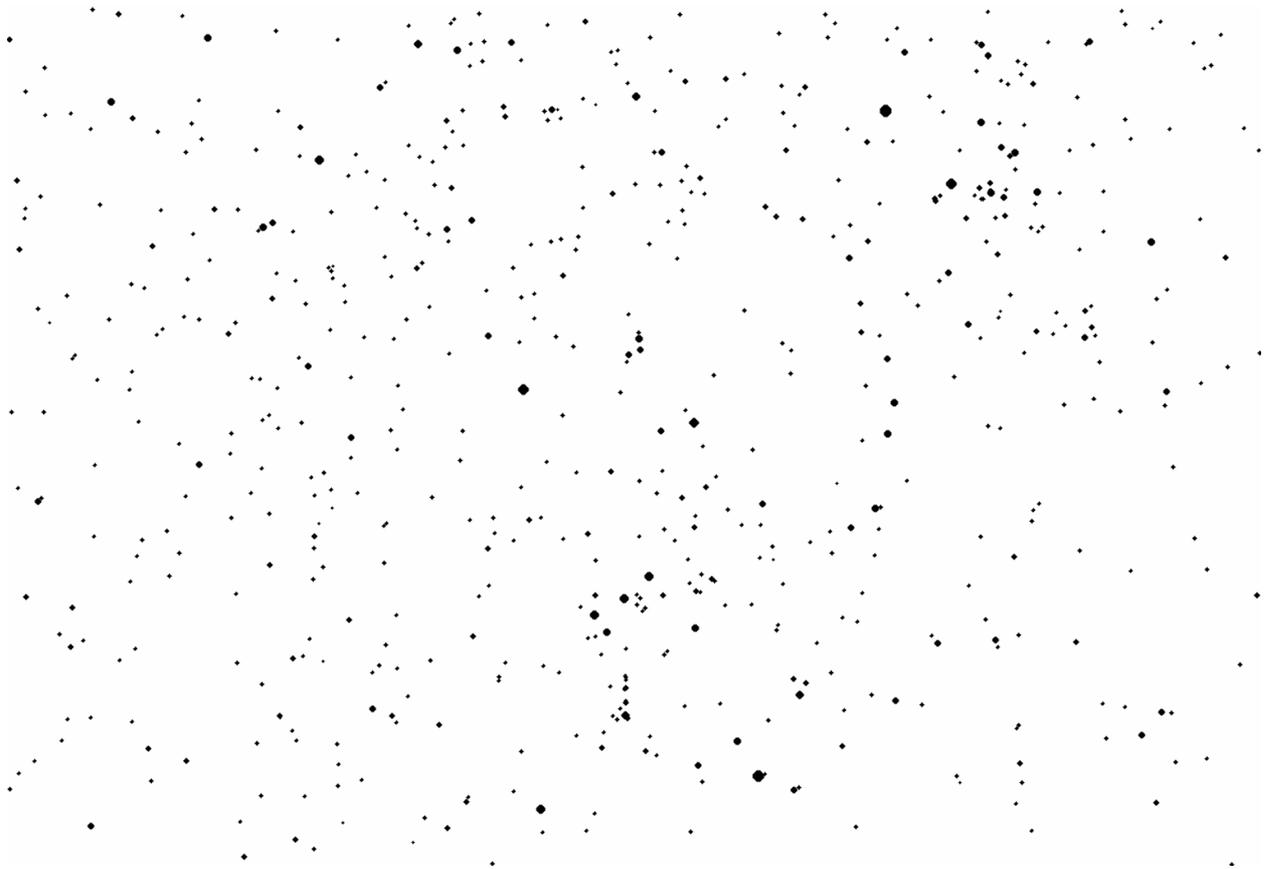
11.5-2003. На рисунке приведена кривая блеска двойной звезды (по оси X отложено время в сутках, по оси Y — визуальная звездная величина системы). Для обеих звезд измерены гелиоцентрические лучевые скорости V_r . У первой звезды скорость меняется в пределах ± 50 км/сек, у второй ± 80 км/сек. Известно, 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.*



Областная олимпиада по астрономии
2004-2005 г.

9 класс

9.1-2004. На приложенном рисунке приведен фрагмент звездной карты. Какое созвездие (созвездия) на нем изображено? Что вы о нем (о них) знаете? Перечислите под рисунком, нарисуйте и подпишите на карте известные вам астрономические объекты, расположенные в указанной области. Соедините основные звезды, чтобы получить фигуру созвездия. Нарисуйте примерные границы созвездий.



9.2-2004. В каком месяце Юпитер может быть в квадратуре и наблюдаться ранним вечером в Московской области в созвездии Тельца? В каком созвездии можно будет его наблюдать спустя 3 месяца? Дайте подробный ответ.

9.3-2004. На круговую орбиту вокруг Солнца с большой полуосью 1,2 а.е. запущен научный спутник. Из-за поломки одной солнечной батареи у него сильно упала мощность передатчика. Оцените, как часто ученые смогут принимать от него информацию, если мощность передатчика составляет 10 Вт, расходимость пучка 1° , а чувствительность антенны на Земле, которой располагают ученые, равна $5 \cdot 10^{-17}$ Вт/м².

9.4-2004. Определите продолжительность полного центрального солнечного затмения для наблюдателя на Луне.

9.5-2004. Среднее расстояние от Меркурия до Солнца – 0,4 а. е., среднее расстояние от Плутона до Солнца – 40 а. е. Во сколько раз Солнце ярче для наблюдателя на Меркурии, чем для наблюдателя на Плуtone? Какова разница в блеске (в звездных величинах)?

10 класс

10.1-2004. На приложенном рисунке приведен фрагмент звездной карты. Какое созвездие (созвездия) на нем изображено? Что вы о нем (о них) знаете? Перечислите под рисунком, нарисуйте и подпишите на карте известные вам астрономические объекты, расположенные в указанной области. Соедините основные звезды, чтобы получить фигуру созвездия. Нарисуйте примерные границы созвездий (см. рис. к задаче 9.1-2004).

10.2-2004. В каком месяце Юпитер может быть в квадратуре и наблюдаться ранним вечером в Московской области в созвездии Тельца? В каком созвездии можно будет его наблюдать спустя 3 месяца? Дайте подробный ответ.

10.3-2004. На круговую орбиту вокруг Солнца с большой полуосью 1,2 а.е. запущен научный спутник. Из-за поломки одной солнечной батареи у него сильно упала мощность передатчика. Оцените, как часто ученые смогут принимать от него информацию, если мощность передатчика составляет 10 Вт, расходимость пучка 1° , а чувствительность антенны на Земле, которой располагают ученые, равна $5 \cdot 10^{-17}$ Вт/м².

10.4-2004. В каких пределах может меняться угол максимальной элонгации Меркурия, если большая полуось его орбиты равна 0,387, а эксцентриситет $\sim 0,2$ (эксцентриситетом орбиты Земли пренебречь)?

10.5-2004. Предположим, что наблюдатель находится на комете Галлея, обращающейся 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.

11 класс

11.1-2004. На приложенном рисунке приведен фрагмент звездной карты. Какое созвездие (созвездия) на нем изображено? Что вы о нем (о них) знаете? Перечислите под рисунком, нарисуйте и подпишите на карте известные вам астрономические объекты, расположенные в указанной области. Соедините основные звезды, чтобы получить фигуру созвездия. Нарисуйте примерные границы созвездий.



11.2-2004. В каком месяце Юпитер может быть в квадратуре и наблюдаться ранним вечером в Московской области в созвездии Тельца? В каком созвездии можно будет его наблюдать спустя 3 месяца? Дайте подробный ответ.

11.3-2004. На круговую орбиту вокруг Солнца с большой полуосью 1,2 а.е. запущен научный спутник. Из-за поломки одной солнечной батареи у него сильно упала мощность передатчика. Оцените, как часто ученые смогут принимать от него информацию, если мощность передатчика составляет 10 Вт, расходимость пучка 1° , а чувствительность антенны на Земле, которой располагают ученые, равна $5 \cdot 10^{-17}$ Вт/м².

11.4-2004. Межпланетный аппарат обращается вокруг Земли по низкой круговой орбите, лежащей в плоскости эклиптики. Какое минимальное приращение скорости нужно придать этому кораблю, чтобы он мог без

последующих маневров и включения двигателей отправиться изучать объекты пояса Койпера? Сколько примерно времени займет этот полет?

11.5-2004. Две галактики имеют красное смещение 0,01 и располагаются на небе в 1 градусе друг от друга. Какой диаметр должен иметь объектив телескопа, чтобы из одной галактики визуально наблюдать звезду другой галактики, похожую на Солнце? Межзвездным и межгалактическим поглощением пренебречь. Постоянную Хаббла принять равной $75 \text{ км}/(\text{сек}\cdot\text{Мпс})$.

Областная олимпиада по астрономии 2005-2006 г.

9 класс

9.1-2005. Может ли созвездие Южного Креста (склонение около -60°) наблюдаться в северной части неба? Если да, то в каких районах на Земле?

9.2-2005. Наблюдатель находится на Земле в точке с координатами 55° с. ш., 83° в. д. Какое время будут показывать часы наблюдателя во время верхней кульминации Солнца в день летнего солнцестояния, если данная точка наблюдения принадлежит к пятому часовому поясу?

9.3-2005. 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.

9.4-2005. Планета обращается вокруг Солнца по круговой орбите в плоскости эклиптики. Ее синодический период составляет ровно 1 год. Найти радиус орбиты планеты.

9.5-2005. С 1079 года по середину XIX века в Иране использовался солнечный календарь, разработанный Омаром Хайямом. В этом календаре обычный год состоял из 365 дней, а високосный – из 366, причем из каждых 33 лет 8 было високосных (3-й, 7-й, 11-й, 15-й, 20-й, 24-й, 28-й, 32-й). Сравните этот календарь с юлианским и григорианским. Какой из них более точный? Продолжительность тропического года составляет 365,24219 суток.

9.6-2005. Опишите вид неба в момент полной фазы солнечного затмения 29 марта 2006 года на Северном Кавказе. Какие планеты будут видны на небе в это время?

10 класс

10.1-2005. Оцените, на каком расстоянии может находиться столб с фонарем, чтобы ночью его можно было перепутать со звездой вблизи горизонта.

10.2-2005. Наблюдатель находится на Земле в точке с координатами 55° с. ш., 83° в. д. Какое время будут показывать часы наблюдателя во время верхней кульминации Солнца в день летнего солнцестояния, если данная точка наблюдения принадлежит к пятому часовому поясу?

10.3-2005. 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.

10.4-2005. Можно ли увидеть в очень качественно изготовленный наземный телескоп с объективом диаметром 2 метра луноход на поверхности Луны? А если вывести этот телескоп на околоземную орбиту?

10.5-2005. Космический аппарат будущего удаляется от Земли со скоростью 3000 км/с. Для поддержания контакта с кораблем каждые 1000 секунд с Земли на корабль посылаются радиоимпульсы, который ровно через 1 секунду после принятия на корабле запускается обратно к Земле. С каким интервалом по времени на Земле будут приниматься ответные импульсы?

10.6-2005. Опишите вид неба в момент полной фазы солнечного затмения 29 марта 2006 года на Северном Кавказе. Какие планеты будут видны на небе в это время?

11 класс

11.1-2005. Оцените, на каком расстоянии может находиться столб с фонарем, чтобы ночью его можно было перепутать со звездой вблизи горизонта.

11.2-2005. Две звезды солнечной массы обращаются вокруг общего центра масс за 25 суток. Третья звезда, так же похожая на Солнце, обращается вокруг этой пары на расстоянии в 100 раз большем, чем расстояние между первыми двумя звездами. Каков период обращения третьей звезды? Докажите, что эта система устойчива.

11.3-2005. Две звезды имеют одинаковые массы и светимости, но поверхность одной из них вдвое горячее поверхности второй. У какой из звезд средняя плотность больше? Во сколько раз?

11.4-2005. Можно ли увидеть в очень качественно изготовленный наземный телескоп с объективом диаметром 2 метра луноход на поверхности Луны? А если вывести этот телескоп на околоземную орбиту?

11.5-2005. Космический аппарат будущего удаляется от Земли со скоростью 3000 км/с. Для поддержания контакта с кораблем каждые 1000 секунд с Земли на корабль посылаются радиоимпульсы, который ровно через 1 секунду после принятия на корабле запускается обратно к Земле. С каким интервалом по времени на Земле будут приниматься ответные импульсы?

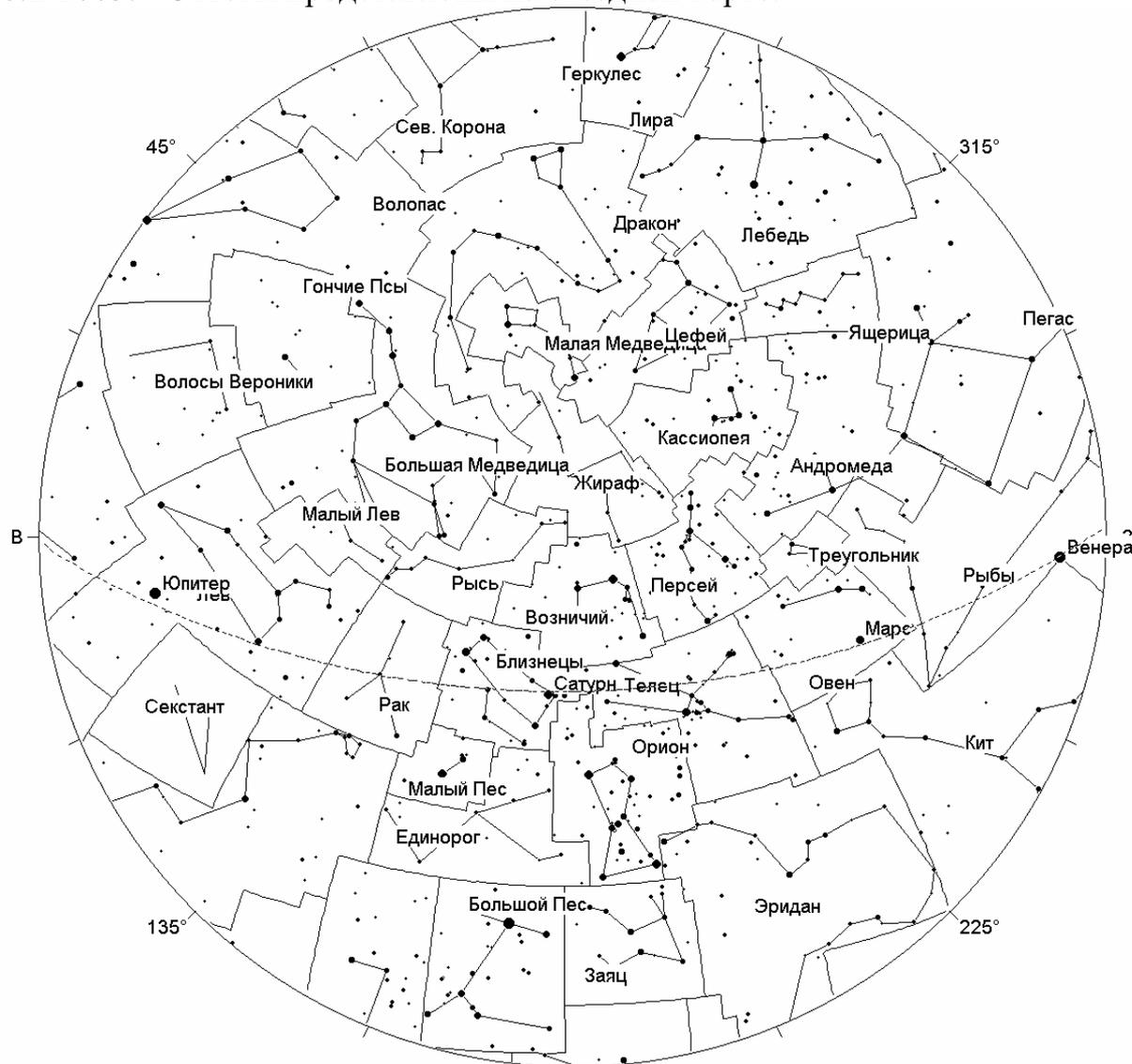
11.6-2005. Опишите вид неба в момент полной фазы солнечного затмения 29 марта 2006 года на Северном Кавказе. Какие планеты будут видны на небе в это время?

Решения задач

Областная олимпиада по астрономии 2003-2004 г.

8 класс

8.1-2003. Ответы представлены на звездной карте.



8.2-2003. Астрономическая ночь не наступит в тех широтах, где Солнце даже в нижней кульминации не опустится ниже 18° под горизонт. При решении задачи удобно воспользоваться схематическим изображением небесной сферы.

Рассмотрим северное полушарие Земли. Высота светила со склонением δ на широте φ в нижней кульминации равна $h=90-\varphi-\delta$. Определим δ Солнца 23 февраля. 22 декабря в день зимнего солнцестояния

склонение Солнца отрицательно и по модулю численно равно углу наклона эклиптике к небесному экватору, т.е. $-23,5^\circ$. 22 марта в день весеннего равноденствия склонение равно 0° . Будем считать, что скорость изменения склонения постоянна (это не так, но ошибка будет невелика). Тогда склонение Солнца 22 февраля будет примерно равно $23,5 \cdot 60/90 - 23,5 \approx -8^\circ$ (по данным астрономического календаря -10°). Т.е. широта, на которой Солнце погружается на 18 градусов под горизонт, будет равна $\varphi = 90 - h - \delta = 90 - 18 - (-8) = 80^\circ$. Севернее глубина погружения Солнца будет меньше 18° .

Аналогичным образом нарисуем момент нижней кульминации Солнца в южном полушарии. Получим, что в южном полушарии астрономическая ночь наступит на широтах севернее 64° ю. ш.

Окончательный ответ — астрономическая ночь 23 февраля не наступает в приполярных районах Земли (примерно на широтах $-90^\circ < \varphi < -64^\circ$ и $80^\circ < \varphi < 90^\circ$).

8.3-2003. На рисунке должно быть правильно нарисовано расположение планет и Солнца — орбита Марса должна быть показана вытянутой и, соответственно, нарисовано именно «великое» противостояние (Марс находится в перигелии своей орбиты, а Земля в ближайшей к нему точке своей орбиты). Во время противостояния Марс был в созвездии Водолея.

8.4-2003. Только за счет эффекта фазы освещенность, создаваемая Луной на Земле должна была бы измениться в лишь ~ 2 раза. Однако, с увеличением фазы, растет и поверхностная яркость Луны из-за того меняется угол падения солнечных лучей на поверхность Луны, доля рассеянного в сторону Земли света, уменьшаются тени, отбрасываемые неровностями рельефа на Луне.

8.5-2003. Определим теоретическую разрешающую способность телескопа: $\beta = 1.22 \cdot \lambda / D$ — разрешающая способность телескопа диаметром D на длине волны λ . Подставив $\lambda = 0.55$ мкм (максимум чувствительности глаза), получим формулу $\beta = 140'' / D$ (учащиеся, сразу написавшие эту формулу, не штрафовались). Т.е. для телескопа из условия задачи $\beta = 0.''7$. Во время великого противостояния расстояние до Марса меньше 60 млн. км. Угловой размер Марса будет $2 \cdot 3400 / 60000000 \cdot 206265 = 24''$ (учащиеся, сразу написавшие эту величину, не штрафовались).

Линейный размер на Марсе, соответствующий разрешению телескопа ($0.''7$) — $0.7 / 24 \cdot 6800 \approx 200$ км. Детали такого размера на пределе наблюдались на поверхности Марса в августе 2003 г. в 200-миллиметровый телескоп (часто атмосфера ограничивает разрешение величиной $1-2''$).

9 класс

9.1-2003. См. рис. в ответе на задачу 8.1-2003.

9.2-2003. При наблюдении с экватора суточные траектории светил перпендикулярны горизонту, а Солнце восходит в 6 часов по местному времени (уравнением времени и рефракцией пренебрегаем). Венера взошла на 3 часа раньше Солнца, следовательно, ее прямое восхождение на 3 часа меньше солнечного. Угловое удаление Венеры от Солнца - примерно 45° , то есть планета находится вблизи наибольшей элонгации. В этой конфигурации направления Венера-Солнце и Венера-Земля перпендикулярны, и наблюдатель с Земли видит освещенной половину диска Венеры. Поэтому ее фаза примерно 0.5.

9.3-2003. Астрономическая ночь не наступит в тех широтах, где Солнце даже в нижней кульминации не опустится ниже 18° под горизонт. При решении задачи удобно воспользоваться схематическим изображением небесной сферы.

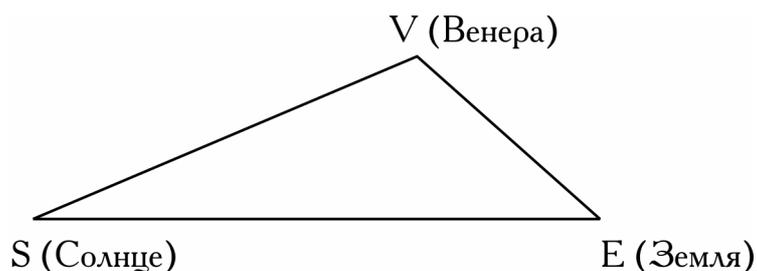
Рассмотрим северное полушарие Земли. Высота светила со склонением δ на широте φ в нижней кульминации равна $h=90-\varphi-\delta$. Определим δ Солнца 23 февраля. 22 декабря в день зимнего солнцестояния склонение Солнца отрицательно и по модулю численно равно углу наклона эклиптике к небесному экватору, т.е. $-23,5^\circ$. 22 марта в день весеннего равноденствия склонение равно 0° . Будем считать, что скорость изменения склонения постоянна (это не так, но ошибка будет невелика). Тогда склонение Солнца 22 февраля будет примерно равно $23,5 \cdot 60/90 - 23,5 \approx -8^\circ$ (по данным астрономического календаря -10°). Т.е. широта, на которой Солнце погружается на 18 градусов под горизонт, будет равна $\varphi=90-h-\delta=90-18-(-8)=80^\circ$. Севернее глубина погружения Солнца будет меньше 18° .

Аналогичным образом нарисуем момент нижней кульминации Солнца в южном полушарии. Получим, что в южном полушарии астрономическая ночь наступит на широтах севернее 64° ю. ш.

Окончательный ответ — астрономическая ночь 23 февраля не наступает в приполярных районах Земли (примерно на широтах $-90^\circ < \varphi < -64^\circ$ и $80^\circ < \varphi < 90^\circ$).

9.4-2003. Ночью серп Луны можно наблюдать над западной стороной горизонта. Значит, броненосец плыл на север. Красной Луна могла быть из-за низкого положения над горизонтом и, соответственно, большого рассеяния коротковолнового излучения.

9.5-2003. При решении задачи 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° .



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

$$EV^2 = SE^2 + SV^2 - 2 * SE * SV * \cos ESV$$

$$EV^2 = 1^2 + 0,723^2 - 2 * 1 * 0,723 * \cos 3,4^\circ, EV = 0,282 \text{ а.е.}$$

Затем найдем угол SEV, применив теорему синусов:

$$SV / \sin SEV = EV / \sin ESV$$

$$\sin SEV = SV * \sin ESV / EV$$

$$\sin SEV = 0,723 * \sin 3,4^\circ / 0,282 = 0,152, \text{ угол SEV} = 8,7^\circ$$

Ответ: Венера при наблюдении с Земли может отдаляться от эклиптики не более чем на 8,7°.

10 класс

10.1-2003. См. рис. в ответе на задачу 8.1-2003.

10.2-2003. Астрономическая ночь не наступит в тех широтах, где Солнце даже в нижней кульминации не опустится ниже 18° под горизонт. При решении задачи удобно воспользоваться схематическим изображением небесной сферы.

Рассмотрим северное полушарие Земли. Высота светила со склонением δ на широте φ в нижней кульминации равна $h = 90 - \varphi - \delta$. Определим δ Солнца 23 февраля. 22 декабря в день зимнего солнцестояния склонение Солнца отрицательно и по модулю численно равно углу наклона эклиптике к небесному экватору, т.е. $-23,5^\circ$. 22 марта в день весеннего равноденствия склонение равно 0° . Будем считать, что скорость изменения склонения постоянна (это не так, но ошибка будет невелика). Тогда склонение Солнца 22 февраля будет примерно равно $23,5 * 60 / 90 = 23,5 \approx 8^\circ$ (по данным астрономического календаря -10°). Т.е. широта, на которой Солнце погружается на 18 градусов под горизонт, будет равна $\varphi = 90 - h - \delta = 90 - 18 - (-8) = 80^\circ$. Севернее глубина погружения Солнца будет меньше 18°.

Аналогичным образом нарисуем момент нижней кульминации Солнца в южном полушарии. Получим, что в южном полушарии астрономическая ночь наступит на широтах севернее 64° ю. ш.

Окончательный ответ — астрономическая ночь 23 февраля не наступает в приполярных районах Земли (примерно на широтах $-90^\circ < \varphi < -64^\circ$ и $80^\circ < \varphi < 90^\circ$).

10.3-2003. В случае наблюдений сверхновой смещение линий в ее спектре вызвано двумя причинами: 1 — расширение Вселенной (смещение линий в длинноволновую область), 2 — расширение сброшенной оболочки (в коротковолновую область в случае если оболочка непрозрачна и расщепление линий если оболочка прозрачная). Скорость расширения оболочки сверхновых ~ 8000 км/сек. Т.е. смещение $H\alpha$ будет равно $\Delta\lambda = V_{об}/c * \lambda_0 = 8000/300000 * 6563 = 175 \text{ \AA}$ в синюю сторону (считаем оболочку непрозрачной).

Из-за расширения Вселенной смещение будет равно $\Delta\lambda = V_{Хаббл}/c * \lambda_0 = H * R / c * \lambda = 7500/c * \lambda = 7500/300000 * 6563 = 164 \text{ \AA}$ в красную сторону.

Т.е. общее смещение практически отсутствует, а значит линию надо искать в обычном месте.

Уширение линии будет вызвано в основном общим расширением оболочки со скоростью 8000 км/сек, т.е. ширина линии будет $\sim 200 \text{ \AA}$.

10.4-2003. Можно. Блеск Марса в противостоянии был $-2,^m5$. Блеск спутника будет слабее на $2,5 * \lg(D_M^2/D_D^2) = 5 * \lg(D_M/D_D) \approx 14^m,5$ и составит $\sim 12^m$.

Сравним полученную величину с пределом для указанного телескопа. Для глаза ($D=6$ мм) имеем предел 6^m . Тогда для телескопа $m = 6 + 2,5 \lg(D_T^2/D_G^2) = 6 + 5 \lg(200/6) \approx 13,^m5$.

Дополнение. Рядом с ярким Марсом (максимальное расстояние $\sim 1'$) увидеть столь слабый объект может оказаться непросто.

10.5-2003. Возможны разные пути решения задачи. Это один из них следующий. Абсолютная звездная Солнца $+5^m$. Тогда светимость Спики будет $2.512^8 \approx 1600 L_{sun}$. Значит радиус звезды в радиусах Солнца будет $R = (T_{sun}/T)^2 * (L/L_{sun})^{1/2} = (6000/16000)^2 * (1600/1)^{1/2} = 0,14 * 40 \approx 5.6 R_{sun}$.

Чтобы вычислить плотность надо знать еще и массу. Для звезд главной последовательности действует закон $L \sim M^4$. $M \sim L^{0,25}$. $M \approx 6 M_{sun}$.

Плотность звезды (в плотностях Солнца) будет $M/V = M/R^3 = 6/5.6^3 \approx 0.035$ или почти в 30 раз меньше солнечной.

Примечание: ответ зависит от принятой абсолютной звездной величины Солнца, от показателя степени в законе $L \sim M^4$.

11 класс

11.1-2003. См. рис. в ответе на задачу 8.1-2003.

11.2-2003. Определим теоретическую разрешающую способность телескопа: $\beta = 1.22 * \lambda / D$ — разрешающая способность телескопа диаметром D на длине волны λ . Подставив $\lambda = 0.55$ мкм (максимум чувствительности глаза), получим формулу $\beta = 140'' / D$. Т.е. для телескопа из условия задачи $\beta = 0.''7$. Во время великого противостояния расстояние до Марса меньше

60 млн. км. Угловой размер Марса будет $2 \cdot 3400 / 60000000 \cdot 206265 = 24''$ (учащиеся, сразу написавшие эту величину, не штрафовались).

Линейный размер на Марсе, соответствующий разрешению телескопа ($0.7''$) — $0.7/24 \cdot 6800 \approx 200$ км. Детали такого размера на пределе наблюдались на поверхности Марса в августе 2003 г. в 200-миллиметровый телескоп (часто атмосфера ограничивает разрешение величиной $1-2''$).

11.3-2003. При проверке этой задачи основное внимание уделялось не конкретным значениям параметров, а рассуждениям, которые приводили учащиеся при обосновании той или иной величины.

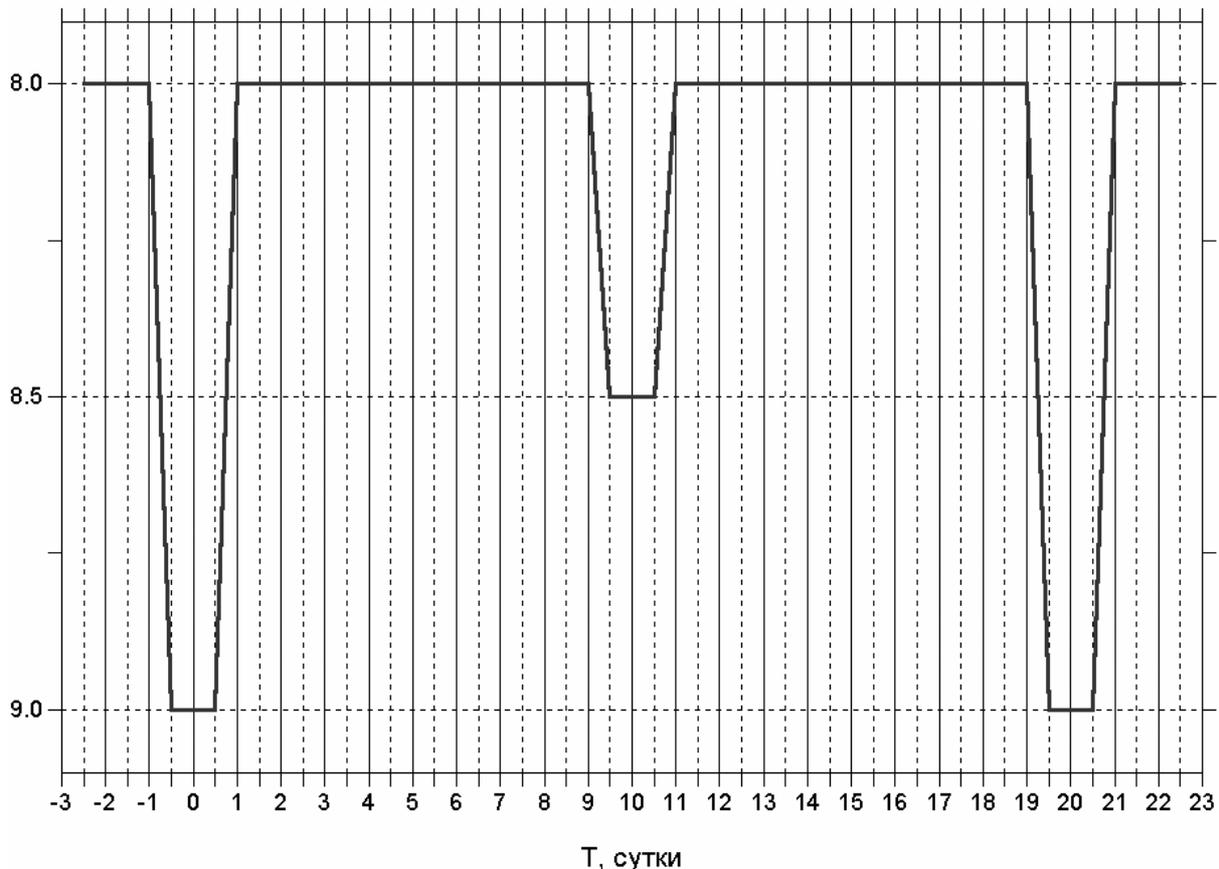
Требование подходящего возраста (иначе может не успеть образоваться среда обитания) налагает ограничение на массу звезды сверху (меньше $2-3M_{\text{sun}}$). Массу снизу ограничивает условие «желтая звезда» (больше $0,8M_{\text{sun}}$). Массу планеты разумно выбрать примерно равной земной. Расстояние планеты от звезды также разумно взять земное (1 а.е.), орбиту круговой. Тогда скорость движения планеты по орбите будет ~ 30 км/сек.

Наблюдаемый эффект, положенный в основу определения массы планеты – обращение звезды вокруг общего центра масс системы. Известно, что $M_1/M_2 = a_1/a_2$, где $M_{1,2}$ – массы, $a_{1,2}$ – большие полуоси орбит звезды и планеты. Т.к. периоды обращения одинаковы, то $M_1/M_2 = V_1/V_2$. Отсюда, скорость движения звезды вокруг общего центра масс будет примерно равна $(30/300000)$ км/сек = $0,1$ м/сек (отношение (масса звезды)/(масса планеты) взято близким к таковому для Земли). Т.о. существует вероятность открытия планетной системы у этой звезды лишь с использованием 3-го прибора.

11.4-2003. Во-первых, блеск Луны максимален в полнолуние. Во-вторых, он больше всего когда Луна поднимается выше всего над горизонтом (это уменьшает поглощение в атмосфере Земли) во время полнолуния (это бывает зимой). В-третьих, Земля (а значит и Луна) ближе всего оказываются к Солнцу зимой (в начале января). Разница в расстоянии с летом $2e \cdot a = 0.034$ а.е. или в 1.034 раза. Это дает увеличение освещенности в 1.07 раза (на 7%). Т.е. Луна ярче всего в верхней кульминации во время полнолуния в начале января, да еще если при этом Луна оказывается в перигее своей орбиты.

11.5-2003. По представленной кривой определяем такие значения, как: период обращения звезд $P = 20^d$, полная продолжительность затмения $\Delta T = 2^d$, 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). Т.е., обозначив через k коэффициент пропорциональности,

$$D_1 + D_2 = k \times 2^d,$$

$$D_2 - D_1 = k \times 1^d.$$

Отсюда, $D_1 = 0.5^d \times k$, $D_2 = 1.5^d \times k$, $D_2/D_1 = 3$.

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:

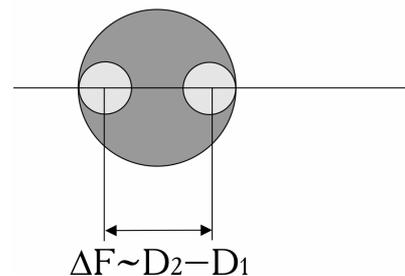
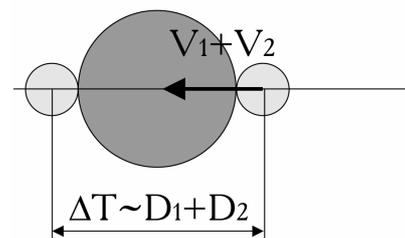
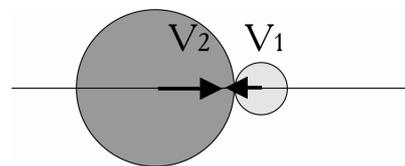
$$R_1 = \frac{1}{2} \times 0.5^d \times (V_1 + V_2) = 2.8 \times 10^6 \text{ км}$$

$$R_2 = 3R_1 = 8.4 \times 10^6 \text{ км}$$

Радиусы орбит найдем из условия:

$2\pi a = V \times P$, где V — скорость движения звезды:

$$a_1 = \frac{V_1 \times P}{2\pi} = 1.47 \times 10^7 \text{ км}$$



$$a_2 = \frac{V_2 \times P}{2\pi} = 2.2 \times 10^7 \text{ км}$$

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, т.к. меньшая звезда либо будет не видна, находясь за большей, либо ее диск проецируется на диск большей звезды, не увеличивая площадь; а значит, чтобы больше потерять в блеске надо спрятать от глаз наблюдателя горячую звезду). Светимость системы вне затмения равна сумме светимости звезд:

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

Индекс 2 относится к холодной звезде. Тогда, по формуле Погсона:

$$\frac{L}{L_2} = \frac{R_1^2 T_1^4 + R_2^2 T_2^4}{R_2^2 T_2^4} = 10^{0.4\Delta m_1}$$

$\Delta m_1 = 1^m$, значит отношение светимостей 2.512. Находим температуру холодной звезды:

$$T_2 = \frac{T_1}{\sqrt[4]{2.512 - 1}} \sqrt{\frac{R_1}{R_2}} \approx 5200 \text{ K}$$

Областная олимпиада по астрономии 2004-2005 г.

9 класс

9.1-2004. На рисунке приведено созвездие Ориона. Ученик должен указать название созвездия, имена ярких звезд: Бетельгейзе, Ригель, Беллатрикс, нарисовать и подписать Большую туманность Ориона (M42), назвать астеризмы – пояс Ориона, меч Ориона. Дополнительные баллы можно поставить за указывание туманности Факел, части созвездия Тельца, в котором видно 2 ярких объекта – один Альдебаран, второй – одна из больших планет, туманности M1.

9.2-2004. Т.к. по условию Юпитер находится в квадратуре, то его угловое расстояние от Солнца составляет 90 градусов. Значит, Солнце должно быть расположено в созвездии Козерога. Там оно бывает в феврале, а значит, ответ – февраль. Через 3 месяца Юпитер может еще остаться в Тельце, а может переместиться в созвездие Близнецов (это зависит от начального расположения планеты в созвездии). Однако, угловое расстояние от Солнца при этом значительно сократится и наблюдать планету можно будет только в сумерках на фоне яркой зари.

9.3-2004. Вычислим расстояние, на котором освещенность, создаваемая передатчиком спутника мощностью 10 Вт, упадет до пороговой величины антенны. Для малого угла α имеем:

$$E = \frac{P}{\pi(R\alpha/2)^2}$$

Отсюда расстояние:

$$R = \frac{2}{\alpha} \sqrt{\frac{P}{\pi E}}$$

или подставляя численные значения:

$$R = 30 \text{ млн. км.} = 1/5 \text{ а. е.} = 0.2 \text{ а.е.}$$

Видно, что это значение в точности совпадает с расстоянием до спутника в моменты противостояний. Значит, только в противостояния можно будет принимать информацию. Чтобы определить как часто эти моменты наступают, вычислим синодический период обращения спутника:

$$\frac{1}{S} = \frac{1}{T} - \frac{1}{F}$$

S – синодический период обращения, T – длительность звездного года, F – сидерический период обращения.

$$S = \frac{TF}{F - T}$$

Из 3-го закона Кеплера найдем сначала сидерический период обращения:

$$F = \sqrt{a^3} = 1.315 \text{ года}$$

$$S = 4.2 \text{ года}$$

Ответ: только раз в 4.2 года ученые смогут принимать со спутника информацию (учащийся может посчитать, что мощности не хватит. При правильной оценке расстояния это заслуживает 6-7 баллов из 10).

9.4-2004. Способов решения данной задачи несколько. Вот один из них.

Угловой диаметр Земли при наблюдении с Луны будет $1.8-1.9$ ($0.5 \cdot 6400 / 1700$). Период обращения Луны вокруг Земли равен 27.3 суток. Значит угол в 1° по небу среди звезд Земля будет проходить за $27.3 \cdot 24 / 360 = 1.82$ часа. Полная фаза центрального затмения будет в угловой мере длиться $1.9 - 0.5 = 1.4$ или $1.4 \cdot 1.82 \approx 2.5$ часа.

Ответ: ≈ 2.5 часа (в зависимости от принятых значений величин ответ может несколько отличаться от полученного)..

9.5-2004. Расстояние от Меркурия до Солнца в среднем в 100 раз меньше расстояния Плутона до Солнца. Значит, на Меркурии Солнце для наблюдателя будет в $100^2 = 10000$ раз ярче. Каждые 100 раз – это 5 звездных величин. Значит, Солнце будет ярче на 10^m . Дополнительными балами можно оценить учет учащимся эксцентриситета орбит этих планет и вычисления разности блеска в перигелии-афелии этих планет (0.2 – Меркурий, 0.24 – Плутон — ответ около 11^m).

10 класс

10.1-2004. На рисунке приведено созвездие Ориона. Ученик должен указать название созвездия, имена ярких звезд: Бетельгейзе, Ригель, Беллатрикс, нарисовать и подписать Большую туманность Ориона (M42), назвать астеризмы – пояс Ориона, меч Ориона. Дополнительные баллы можно поставить за указывание туманности Факел, части созвездия Тельца, в котором видно 2 ярких объекта – один Альдебаран, второй – одна из больших планет, туманности M1.

10.2-2004. Т.к. по условию Юпитер находится в квадратуре, то его угловое расстояние от Солнца составляет 90 градусов. Значит, Солнце должно быть расположено в созвездии Козерога. Там оно бывает в феврале, а значит, ответ – февраль. Через 3 месяца Юпитер может еще остаться в Тельце, а может переместиться в созвездие Близнецов (это зависит от начального расположения планеты в созвездии). Однако, угловое расстояние от Солнца при этом значительно сократится и наблюдать планету можно будет только в сумерках на фоне яркой зари.

10.3-2004. Вычислим расстояние, на котором освещенность, создаваемая передатчиком спутника мощностью 10 Вт, упадет до пороговой величины антенны. Для малого угла α имеем:

$$E = \frac{P}{\pi(R\alpha/2)^2}$$

Отсюда расстояние:

$$R = \frac{2}{\alpha} \sqrt{\frac{P}{\pi E}}$$

или подставляя численные значения:

$$R = 30 \text{ млн. км.} = 1/5 \text{ а. е.} = 0.2 \text{ а.е.}$$

Видно, что это значение в точности совпадает с расстоянием до спутника в моменты противостояний. Значит, только в противостояния можно будет принимать информацию. Чтобы определить как часто эти моменты наступают, вычислим синодический период обращения спутника:

$$\frac{1}{S} = \frac{1}{T} - \frac{1}{F}$$

S – синодический период обращения, T – длительность звездного года, F – сидерический период обращения.

$$S = \frac{TF}{F - T}$$

Из 3-го закона Кеплера найдем сначала сидерический период обращения:

$$F = \sqrt{a^3} = 1.315 \text{ года}$$

$$S = 4.2 \text{ года}$$

Ответ: только раз в 4.2 года ученые смогут принимать со спутника информацию (учащийся может посчитать, что мощности не хватит. При правильной оценке расстояния это заслуживает 6-7 баллов из 10).

10.4-2004. Учащийся обязательно должен представить рисунок.

Найдем расстояние от Солнца до точек афелия и перигелия орбиты Меркурия:

$$r_{\min} = a \cdot (1 - e) = 0.31 \text{ а. е.}$$

$$r_{\max} = a \cdot (1 + e) = 0.46 \text{ а. е.}$$

Это катеты, противолежащие Земле в треугольнике Земля-Солнце-Меркурий. Гипотенузой в обоих случаях выступает расстояние от Земли до Солнца. Т.е.

$$\sin(\alpha_{\min}) = r_{\min} / 1 \text{ а. е.}$$

$$\sin(\alpha_{\max}) = r_{\max} / 1 \text{ а. е.}$$

$$\alpha_{\min} = 18^\circ$$

$$\alpha_{\max} = 27.^\circ 5$$

Ответ: примерно от 18 до 27.5

10.5-2004. Начало решения похоже на предыдущую задачу — найдем расстояние от Солнца до точек афелия и перигелия орбиты кометы:

$$r_{\min} = a \cdot (1 - e) = 0.594 \text{ а.е.}$$

$$r_{\max} = a \cdot (1 + e) = 35.4 \text{ а.е.}$$

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

$$\Delta m = 2.5 \lg \frac{r_{\max}^2}{r_{\min}^2} = 8.9$$

Ответ: примерно 9^m .

11 класс

11.1-2004. На рис. приведено созвездие Лебедя. Учащийся должен указать названия звезд Денеб (хвост Лебедя), Альбирео (голова Лебедя) – известная красивая двойная, нарисовать основные рассеянные скопления М29 и М39, указать положение известной туманности Северная Америка и комплекса туманностей Рыбачья сеть. Дополнительно можно оценить указание туманности Кольцо (М57) в Лире, четверной звезды ϵ Лиры, шарового скопления М56 в Лире и туманности Гантель (М27) в Лисичке.

11.2-2004. Т.к. по условию Юпитер находится в квадратуре, то его угловое расстояние от Солнца составляет 90 градусов. Значит, Солнце должно быть расположено в созвездии Козерога. Там оно бывает в феврале, а значит, ответ – февраль. Через 3 месяца Юпитер может еще остаться в Тельце, а может переместиться в созвездие Близнецов (это зависит от начального расположения планеты в созвездии). Однако, угловое расстояние от Солнца при этом значительно сократится и наблюдать планету можно будет только в сумерках на фоне яркой зари.

11.3-2004. Вычислим расстояние, на котором освещенность, создаваемая передатчиком спутника мощностью 10 Вт, упадет до пороговой величины антенны. Для малого угла α имеем:

$$E = \frac{P}{\pi(R\alpha/2)^2}$$

Отсюда расстояние:

$$R = \frac{2}{\alpha} \sqrt{\frac{P}{\pi E}}$$

или подставляя численные значения:

$$R = 30 \text{ млн. км.} = 1/5 \text{ а. е.} = 0.2 \text{ а.е.}$$

Видно, что это значение в точности совпадает с расстоянием до спутника в моменты противостояний. Значит, только в противостояния

можно будет принимать информацию. Чтобы определить как часто эти моменты наступают, вычислим синодический период обращения спутника:

$$\frac{1}{S} = \frac{1}{T} - \frac{1}{F}$$

S – синодический период обращения, T – длительность звездного года, F – сидерический период обращения.

$$S = \frac{TF}{F - T}$$

Из 3-го закона Кеплера найдем сначала сидерический период обращения:

$$F = \sqrt{a^3} = 1.315 \text{ года}$$

$$S = 4.2 \text{ года}$$

Ответ: только раз в 4.2 года ученые смогут принимать со спутника информацию (учащийся может посчитать, что мощности не хватит. При правильной оценке расстояния это заслуживает 6-7 баллов из 10).

11.4-2004. Пояс Койпера находится во внешних областях Солнечной системы, и чтобы попасть туда из окрестностей Земли, аппарат должен развить вторую космическую скорость относительно Солнца, равную 42.1 км/с. Но Земля сама движется относительно Солнца со скоростью 29.8 км/с, и скорость аппарата относительно Земли после преодоления ее притяжения u может быть равной всего 12.3 км/с. До выхода из поля тяготения Земли, находясь недалеко от ее поверхности, скорость аппарата должна быть равна

$$v_3 = \sqrt{u^2 + v_2^2} = 16.6 \text{ км/с.}$$

Здесь v_2 - вторая космическая скорость для Земли, равная 11.2 км/с.

Двигаясь по круговой орбите, аппарат имел первую космическую скорость v_1 , равную 7.9 км/с. Следовательно, минимальное приращение скорости (когда аппарат движется в ту же сторону, что и Земля) равно

$$\Delta v = v_3 - v_1 = 8.7 \text{ км/с.}$$

Ответ: 8.7 км/сек

11.5-2004. Красное смещение галактик невелико, и расстояние до галактик L_0 можно найти по классическому представлению закона Хаббла:

$$L_0 = \frac{cz}{H} = 40 \text{ Мпк.}$$

Здесь постоянная Хаббла была принята равной 75 км/(с·Мпк). Обозначив угловое расстояние между галактиками через α , находим расстояние между ними в пространстве:

$$L = 2L_0 \sin(\alpha/2) = 700 \text{ кпк.}$$

Абсолютная звездная величина Солнца M равна +4.72^m. С расстояния L , равного $7 \cdot 10^5$ пк, при отсутствии поглощения Солнце будет иметь блеск

$$m = M - 5 + 5 \lg L = +28.9.$$

Зрачок человеческого глаза с диаметром d , равным в темноте около 8 мм, видит звезды с блеском не слабее $m_0=6$. Для наблюдения звезд типа Солнца в другой галактике потребуется телескоп с диаметром объектива не менее

$$D = d \cdot 10^{0.2 \cdot (m - m_0)} = 300 \text{ м.}$$

Столь суровые требования к телескопу можно ослабить, если проводить не визуальные, а фотографические, а еще лучше – ПЗС-наблюдения звезд.

Ответ: 300 м

Областная олимпиада по астрономии 2005-2006 г.

9 класс

9.1-2005. Да, может. К северу от зенита точку верхней кульминации проходят все небесные светила, склонение которых больше (севернее) широты точки наблюдения. Поэтому южнее параллели 60° ю.ш. созвездие Южного Креста будет проходить точку верхней кульминации высоко над горизонтом к северу от зенита.

9.2-2005. Долгота точки наблюдения составляет 83° или 5^h32^m . Именно настолько полдень в этой точке будет происходить раньше, чем на нулевом меридиане. Пренебрегая уравнением времени, получаем, что полдень в точке наблюдения наступит в 6^h28^m по всемирному времени (или времени нулевого меридиана). Судя по координатам точки, он находится на территории России, и разница поясного и всемирного времени в данной точке в день летнего солнцестояния составляет 7 часов: 5 часов в соответствии с номером часового пояса плюс 1 час (декретное время) и еще плюс 1 час (летнее время). В итоге, верхняя кульминация Солнца в данной точке будет наблюдаться в 1^h32^m .

9.3-2005. 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:

$$r = \left(\frac{GMT^2}{4\pi^2} \right)^{1/3},$$

что составляет 32.53 тысячи километров (M – масса Земли). Расстояние между спутником и самолетом будет равно $d = r - h - R = 26.14$ тыс. км.

9.4-2005. Сразу можно сказать, что планета обращается вокруг Солнца в том же направлении, что и Земля. В противном случае, двигаясь навстречу Земле, она оказывалась бы на луче Солнце – Земля чаще одного года, вне зависимости от того, внутренняя эта планета или внешняя.

Синодический период планеты S , обращающейся вокруг Солнца в том же направлении, что и Земля, равен

$$\frac{1}{S} = \left| \frac{1}{T} - \frac{1}{T_0} \right|,$$

где T и T_0 – периоды обращения данной планеты и Земли вокруг Солнца. Так как величины S и T_0 равны друг другу, а величина T не может обращаться в бесконечность, мы можем сделать вывод, что выражение под знаком модуля положительно, и период обращения планеты вокруг Солнца T составляет полгода, то есть планета внутренняя. Радиус орбиты планеты a , выраженный в астрономических единицах, вычисляется из периода T в годах по III закону Кеплера:

$$a = T^{2/3} = 0.63 \text{ а.е.}$$

9.5-2005. 33-летний цикл календаря Омара Хайяма состоит из 25 годов по 365 дней и 8 годов по 366 дней. Цикл юлианского календаря равен 4 годам, 3 из которых делятся по 365 дней и 1 – 366 дней. Наконец, цикл григорианского календаря составляет 400 лет, из которых 303 года продолжаются по 365 дней и 97 лет делятся по 366 дней. Определим среднюю продолжительность одного года для каждого из этих календарей в сутках:

$$T_1 = \frac{25 \cdot 365 + 8 \cdot 366}{33} = 365.24[24],$$

$$T_2 = \frac{3 \cdot 365 + 1 \cdot 366}{4} = 365.25,$$

$$T_3 = \frac{303 \cdot 365 + 97 \cdot 366}{400} = 365.2425.$$

Истинная продолжительность тропического года составляет 365.24219 суток. Получается, что у всех трех календарей средняя продолжительность года чуть больше, чем требуется, у календаря Омара Хайяма эта разница составляет 0.00023 суток или 20 секунд, у юлианского календаря – 0.00781 суток или 11.25 минут, у григорианского – 0.00031 суток или 27 секунд. Выходит, что календарь Омара Хайяма – самый точный из всех трех, превосходя в точности григорианский календарь в 1.35 раза, а юлианский – в 34 раза.

9.6-2005. Затмение произойдет 29 марта примерно через два часа после местного полудня на Северном Кавказе. Солнце и затмившая его Луна

будут находиться на высоте около 40° над горизонтом в юго-западной стороне неба. Ниже Солнца будет располагаться Меркурий, а еще ниже уже заходить за горизонт будет Венера. Очень высоко в южной части неба в созвездии Тельца будет виден Марс, а в восточной части неба появится Сатурн.

При условии хорошей прозрачности атмосферы на небе можно будет увидеть звезды первой и второй звездной величины. В юго-восточной области неба будут видны яркие звезды созвездий Возничего, Близнецов, Ориона, Большого и Малого Пса. Невысоко над северо-западным горизонтом можно будет увидеть Вега и Денеб – ярчайшие звезды созвездий Лиры и Лебеда. Низко на севере расположится ковш Большой Медведицы.

10 класс

10.1-2005. Спутать фонарь со звездой можно, если по яркости фонарь не превзойдет самые яркие из звезд. Оценим, на каком расстоянии от наблюдателя фонарь будет выглядеть как звезда 0^m . Для этого сравним его с Солнцем, имеющим звездную величину -26.8^m . Как известно, на площадку площадью 1 м^2 , перпендикулярную направлению на Солнце за одну секунду попадает 1360 Дж солнечной энергии (эта величина известна как солнечная постоянная, обозначим ее J_0). Количество энергии, попадающей ежесекундно на ту же площадку от фонаря, равно

$$J = J_0 \cdot 10^{-0.4 \cdot 26.8} = 2.59 \cdot 10^{-8} \text{ Дж/с} \cdot \text{м}^2.$$

Примем мощность фонаря P равной 300 Вт . Последние две величины связаны соотношением

$$J = \frac{P}{4\pi R^2},$$

где R – расстояние от фонаря для наблюдателя (поглощением света в атмосфере пренебрегаем). Подставляя численные данные, получаем, что это расстояние равно 30 км . Это больше, чем радиус видимости в обычной равнинной местности. Поэтому все видимые нами уличные фонари на равнине выглядят ярче звезд. Увидеть столь далекий фонарь и спутать его со звездой можно лишь в горах.

10.2-2005. Долгота точки наблюдения составляет 83° или $5\text{ч}32\text{м}$. Именно настолько полдень в этой точке будет происходить раньше, чем на нулевом меридиане. Пренебрегая уравнением времени, получаем, что полдень в точке наблюдения наступит в $6\text{ч}28\text{м}$ по всемирному времени (или времени нулевого меридиана). Судя по координатам точки, он находится на территории России, и разница поясного и всемирного времени в данной точке в день летнего солнцестояния составляет 7 часов: 5 часов в соответствии с номером часового пояса плюс 1 час (декретное

время) и еще плюс 1 час (летнее время). В итоге, верхняя кульминация Солнца в данной точке будет наблюдаться в 13ч28м.

10.3-2005. 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:

$$r = \left(\frac{GMT^2}{4\pi^2} \right)^{1/3},$$

что составляет 32.53 тысячи километров (M – масса Земли). Расстояние между спутником и самолетом будет равно $d = r - h - R = 26.14$ тыс. км.

10.4-2005. Теоретический предел разрешающей способности телескопа (размер дифракционного диска) равен

$$\beta = \frac{140''}{D} = 0.07'',$$

где D – диаметр объектива телескопа, выраженный в миллиметрах. Выраженный в радианной мере, размер дифракционного диска составит $0.07/206265 = 3.5 \cdot 10^{-7}$. Таким образом, на Луне, находящейся в 384000 км от Земли, в данный телескоп можно будет различить детали размером около 100 метров, что значительно больше размеров лунохода.

Итак, различить луноход в данный телескоп будет нельзя даже из космоса, не говоря уже о поверхности Земли, где разрешение в любой телескоп редко бывает лучше 1". Конечно, луноход можно попробовать заметить как точечный объект на темной части диска Луны, если зажечь на нем очень мощную лампу (хотя и это будет сделать очень сложно).

10.5-2005. Пусть в некоторый момент, через время t_0 после старта корабля с Земли отправляется один из импульсов на космический корабль. В

системе отсчета, связанной с Землей, этот импульс будет принят на корабле в момент времени

$$t_1 = t_0 + \frac{v \cdot t_0}{c - v} = t_0 \cdot \left(1 + \frac{v}{c - v}\right) \approx t_0 \cdot \left(1 + \frac{v}{c}\right),$$

где v – скорость корабля, значительно меньшая скорости света. Ответный импульс будет послан через время τ после приема. Расстояние корабля от Земли в это время составит

$$L = v \cdot (t_1 + \tau) = vt_0 \left(1 + \frac{v}{c}\right) + v\tau.$$

Ответный импульс будет принят на Земле в момент

$$t_2 = t_1 + \tau + \frac{L}{c} \approx t_0 + 2t_0 \frac{v}{c} + \tau \left(1 + \frac{v}{c}\right).$$

Следующий импульс будет отправлен в момент времени $t_0 + \Delta t_0$, а принят в момент $t_2 + \Delta t_2$. Из последней формулы можно получить

$$\Delta t_2 = \Delta t_0 \left(1 + \frac{2v}{c}\right).$$

Подставляя численные значения, получаем, что интервал приема импульсов составит 1020 секунд.

10.6-2005. Затмение произойдет 29 марта примерно через два часа после местного полудня на Северном Кавказе. Солнце и затмившая его Луна будут находиться на высоте около 40° над горизонтом в юго-западной стороне неба. Ниже Солнца будет располагаться Меркурий, а еще ниже уже заходить за горизонт будет Венера. Очень высоко в южной части неба в созвездии Тельца будет виден Марс, а в восточной части неба появится Сатурн.

При условии хорошей прозрачности атмосферы на небе можно будет увидеть звезды первой и второй звездной величины. В юго-восточной области неба будут видны яркие звезды созвездий Возничего, Близнецов, Ориона, Большого и Малого Пса. Невысоко над северо-западным горизонтом можно будет увидеть Вегу и Денеб – ярчайшие звезды созвездий Лиры и Лебеда. Низко на севере расположится ковш Большой Медведицы.

11 класс

11.1-2005. Спутать фонарь со звездой можно, если по яркости фонарь не превзойдет самые яркие из звезд. Оценим, на каком расстоянии от наблюдателя фонарь будет выглядеть как звезда 0^m . Для этого сравним его с Солнцем, имеющим звездную величину -26.8^m . Как известно, на площадку площадью 1 м^2 , перпендикулярную направлению на Солнце за одну секунду попадает 1360 Дж солнечной энергии (эта величина известна

как солнечная постоянная, обозначим ее J_0). Количество энергии, попадающей каждую секунду на ту же площадку от фонаря, равно

$$J = J_0 \cdot 10^{-0.4 \cdot 26.8} = 2.59 \cdot 10^{-8} \text{ Дж/с} \cdot \text{м}^2.$$

Примем мощность фонаря P равной 300 Вт. Последние две величины связаны соотношением

$$J = \frac{P}{4\pi R^2},$$

где R – расстояние от фонаря для наблюдателя (поглощением света в атмосфере пренебрегаем). Подставляя численные данные, получаем, что это расстояние равно 30 км. Это больше, чем радиус видимости в обычной равнинной местности. Поэтому все видимые нами уличные фонари на равнине выглядят ярче звезд. Увидеть столь далекий фонарь и спутать его со звездой можно лишь в горах.

11.2-2005. Расстояние между двумя звездами в тесной паре определяется из обобщенного III закона Кеплера:

$$a = \left(\frac{G \cdot 2MT^2}{4\pi^2} \right)^{1/3}$$

и составляет 0.21 а.е. Здесь M – масса Солнца, T – период обращения звезд. Третья звезда обращается на расстоянии $b = 21$ а.е. от данной пары. Период ее обращения можно также найти по III закону Кеплера, однако при этом нужно учесть, что суммарная масса системы составляет уже 3 массы Солнца:

$$t = \left(\frac{4\pi^2 b^3}{G \cdot 3M} \right)^{1/2}.$$

Период получается равным 55.9 лет. Система устойчива, так как разность гравитационных ускорений, придаваемых третьей звездой двум первым звездам, значительно меньше ускорения взаимодействия этих двух звезд.

11.3-2005. По закону Стефана-Больцмана светимость звезды пропорциональна $R^2 T^4$, где R и T – ее радиус и температура. Равенство светимостей при температурах, отличных в два раза, означает, что более холодная звезда имеет радиус, в 4 раза больший, чем у горячей звезды. А при равенстве масс это означает, что плотность более холодной звезды в 64 раза меньше, чем у горячей звезды.

11.4-2005. Теоретический предел разрешающей способности телескопа (размер дифракционного диска) равен

$$\beta = \frac{140''}{D} = 0.07'',$$

где D – диаметр объектива телескопа, выраженный в миллиметрах. В радианной мере, размер дифракционного диска составит $0.07/206265 = 3.5 \cdot 10^{-7}$. Таким образом, на Луне, находящейся в 384000 км от

Земли, в данный телескоп можно будет различить детали размером около 100 метров, что значительно больше размеров лунохода.

Итак, различить луноход в данный телескоп будет нельзя даже из космоса, не говоря уже о поверхности Земли, где разрешение в любой телескоп редко бывает лучше 1". Конечно, луноход можно попробовать заметить как точечный объект на темной части диска Луны, если зажечь на нем очень мощную лампу (хотя и это будет сделать очень сложно).

11.5-2005. Пусть в некоторый момент, через время t_0 после старта корабля с Земли отправляется один из импульсов на космический корабль. В системе отсчета, связанной с Землей, этот импульс будет принят на корабле в момент времени

$$t_1 = t_0 + \frac{v \cdot t_0}{c - v} = t_0 \cdot \left(1 + \frac{v}{c - v}\right) \approx t_0 \cdot \left(1 + \frac{v}{c}\right),$$

где v – скорость корабля, значительно меньшая скорости света. Ответный импульс будет послан через время τ после приема. Расстояние корабля от Земли в это время составит

$$L = v \cdot (t_1 + \tau) = vt_0 \left(1 + \frac{v}{c}\right) + v\tau.$$

Ответный импульс будет принят на Земле в момент

$$t_2 = t_1 + \tau + \frac{L}{c} \approx t_0 + 2t_0 \frac{v}{c} + \tau \left(1 + \frac{v}{c}\right).$$

Следующий импульс будет отправлен в момент времени $t_0 + \Delta t_0$, а принят в момент $t_2 + \Delta t_2$. Из последней формулы можно получить

$$\Delta t_2 = \Delta t_0 \left(1 + \frac{2v}{c}\right).$$

Подставляя численные значения, получаем, что интервал приема импульсов составит 1020 секунд.

11.6-2005. Затмение произойдет 29 марта примерно через два часа после местного полудня на Северном Кавказе. Солнце и затмившая его Луна будут находиться на высоте около 40° над горизонтом в юго-западной стороне неба. Ниже Солнца будет располагаться Меркурий, а еще ниже уже заходить за горизонт будет Венера. Очень высоко в южной части неба в созвездии Тельца будет виден Марс, а в восточной части неба появится Сатурн.

При условии хорошей прозрачности атмосферы на небе можно будет увидеть звезды первой и второй звездной величины. В юго-восточной области неба будут видны яркие звезды созвездий Возничего, Близнецов, Ориона, Большого и Малого Пса. Невысоко над северо-западным горизонтом можно будет увидеть Вега и Денеб – ярчайшие звезды созвездий Лиры и Лебеда. Низко на севере расположится ковш Большой Медведицы.

Справочные данные

Основные физические и астрономические постоянные
(выдаются учащимся на V этапе Всероссийской олимпиады по
астрономии и физике космоса)

Гравитационная постоянная $G = 6.67 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3 \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{с}^{-2} = 6.67 \cdot 10^{-8} \text{ см}^3 \cdot \text{г}^{-1} \cdot \text{с}^{-2}$

Скорость света в вакууме $c = 2.998 \cdot 10^8 \text{ м/с} = 2.998 \cdot 10^{10} \text{ см/с}$

Постоянная Планка $h = 6.63 \cdot 10^{-34} \text{ кг} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{с}^{-1} = 6.63 \cdot 10^{-27} \text{ г} \cdot \text{см}^2 \cdot \text{с}^{-1}$

Постоянная Больцмана $k = 1.38 \cdot 10^{-23} \text{ кг} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{с}^{-2} \cdot \text{К}^{-1} = 1.38 \cdot 10^{-16} \text{ г} \cdot \text{см}^2 \cdot \text{с}^{-2} \cdot \text{К}^{-1}$

Универсальная газовая постоянная $R = 8.31 \text{ кг} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{с}^{-2} \cdot \text{К}^{-1} \cdot \text{моль}^{-1} =$
 $= 8.31 \cdot 10^7 \text{ г} \cdot \text{см}^2 \cdot \text{с}^{-2} \cdot \text{К}^{-1} \cdot \text{моль}^{-1}$

Постоянная Стефана-Больцмана $\sigma = 5.67 \cdot 10^{-8} \text{ кг} \cdot \text{с}^{-3} \cdot \text{К}^{-4} = 5.67 \cdot 10^{-5} \text{ г} \cdot \text{с}^{-3} \cdot \text{К}^{-4}$

Масса протона $m_p = 1.67 \cdot 10^{-27} \text{ кг} = 1.67 \cdot 10^{-24} \text{ г}$

Масса электрона $m_e = 9.11 \cdot 10^{-31} \text{ кг} = 9.11 \cdot 10^{-28} \text{ г}$

Энергия ионизации атома водорода $E_H = 13.6 \text{ эВ} = 2.18 \cdot 10^{-18} \text{ кг} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{с}^{-2} =$
 $= 2.18 \cdot 10^{-11} \text{ г} \cdot \text{см}^2 \cdot \text{с}^{-2}$

Астрономическая единица $1 \text{ а.е.} = 1.496 \cdot 10^{11} \text{ м} = 1.496 \cdot 10^{13} \text{ см}$

Парсек $1 \text{ пк} = 206265 \text{ а.е.} = 3.086 \cdot 10^{16} \text{ м} = 3.086 \cdot 10^{18} \text{ см}$

Данные о Солнце

Радиус 695 000 км

Масса $1.989 \cdot 10^{30} \text{ кг}$

Средняя плотность $1.41 \text{ г} \cdot \text{см}^{-3}$

Ускорение силы тяжести на поверхности $274 \text{ 9.807 м} \cdot \text{с}^{-2}$

Вторая космическая скорость на поверхности 617.7 км/с

Светимость $3.88 \cdot 10^{26} \text{ Вт}$

Спектральный класс G2V

Сидерический период вращения главного меридиана 25.38 суток

Средний синодический период вращения главного меридиана 27.275 суток

Видимая звездная величина -26.8^{m}

Абсолютная визуальная звездная величина $+4.82^{\text{m}}$

Абсолютная болометрическая звездная величина $+4.74^{\text{m}}$

Показатель цвета (B–V) $+0.67^{\text{m}}$

Температура поверхности около 6000К

Средний горизонтальный параллакс $8.794''$

Данные о Земле

Наименьшее расстояние от Солнца 0.983 а.е. или 147.1 млн км

Наибольшее расстояние от Солнца 1.017 а.е. или 152.1 млн км
Средняя скорость движения по орбите 29.79 км/с
Эксцентриситет орбиты 0.017
Тропический год 365.24219 суток
Сидерический год 365.25636 суток
Аномалистический год 365.25964 суток
Драконический год 346.62008 суток
Период вращения 23 часа 56 минут 04 секунды
Наклон экватора к эклиптике на эпоху 2000.0: 23° 26' 21.45"
Годичная прецессия оси вращения 50.29"
Экваториальный радиус 6378.14 км
Полярный радиус 6356.77 км
Сжатие 1/298.3
Масса $5.974 \cdot 10^{24}$ кг
Средняя плотность $5.52 \text{ г} \cdot \text{см}^{-3}$
Ускорение силы тяжести на поверхности (стандартное) $9.807 \text{ м} \cdot \text{с}^{-2}$
Вторая космическая скорость на поверхности 11.19 км/с
Атмосферное давление на уровне моря (стандартное) $1.013 \cdot 10^5 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-1} \cdot \text{с}^{-2}$

Данные о Луне

Среднее расстояние от Земли 384400 км
Минимальное расстояние от Земли 356410 км
Максимальное расстояние от Земли 406700 км
Средняя скорость движения по орбите 1.023 км/с
Средний эксцентриситет орбиты 0.055
Средний наклон плоскости орбиты к эклиптике 5°09'
Средний наклон экватора к эклиптике 1°33'
Максимальная либрация по долготе 7°54'
Максимальная либрация по широте 6°50'
Сидерический (звездный) период обращения 27.321662 суток
Синодический период обращения 29.530589 суток
Драконический период обращения 27.212221 суток
Аномалистический период обращения 27.554550 суток
Радиус 1738 км
Масса $7.348 \cdot 10^{22}$ кг или 1/81.3 массы Земли
Средняя плотность $3.34 \text{ г} \cdot \text{см}^{-3}$
Ускорение свободного падения на поверхности $1.62 \text{ м} \cdot \text{с}^{-2}$
Вторая космическая скорость на поверхности 2.38 км/с
Визуальное геометрическое альbedo 0.12
Сферическое альbedo 0.07
Видимая звездная величина в полнолуние -12.7^m

Физические характеристики Солнца и планет

Планета	Масса		Радиус км	Плотность г·см ⁻³
	кг	массы Земли		
Солнце	$1.989 \cdot 10^{30}$	332946	695000	1.41
Меркурий	$3.302 \cdot 10^{23}$	0.05271	2440	5.42
Венера	$4.869 \cdot 10^{24}$	0.81476	6052	5.20
Земля	$5.974 \cdot 10^{24}$	1.00000	6378	5.52
Марс	$6.419 \cdot 10^{23}$	0.10745	3397	3.93
Юпитер	$1.899 \cdot 10^{27}$	317.94	71492	1.33
Сатурн	$5.685 \cdot 10^{26}$	95.181	60268	0.69
Уран	$8.683 \cdot 10^{25}$	14.535	25559	1.32
Нептун	$1.024 \cdot 10^{26}$	17.135	24746	1.64
Плутон	$1.5 \cdot 10^{22}$	0.003	1160	1.1

Планета	Период вращения вокруг оси	Наклон экватора к плоскости орбиты	Гео- метр. аль- беда	Видимая звездная вели- чина**
		градусы		<i>m</i>
Солнце	25.380 сут	7.25	–	–26.8
Меркурий	58.646 сут	0.00	0.10	–0.1
Венера	243.019 сут*	177.36	0.65	–4.4
Земля	23.934 час	23.45	0.37	–
Марс	24.623 час	25.19	0.15	–2.0
Юпитер	9.924 час	3.13	0.52	–2.7
Сатурн	10.656 час	25.33	0.47	0.4
Уран	17.24 час*	97.86	0.51	5.7
Нептун	16.11 час	28.31	0.41	7.8
Плутон	6.387 сут*	122.52	0.3	15.1

* – обратное вращение.

** – для наибольшей элонгации Меркурия и Венеры и среднего противостояния внешних планет.

Характеристики орбит планет

Планета	Большая полуось		Эксцентриситет	Наклон к плоскости эклиптики	Период обращения
	млн. км	а. е.			
Меркурий	57.9	0.387	0.2056	7.004	87.97 сут
Венера	108.2	0.723	0.0068	3.394	224.70 сут
Земля	149.6	1.000	0.0167	0.000	365.26 сут
Марс	227.9	1.524	0.0934	1.850	686.98 сут
Юпитер	778.3	5.203	0.0483	1.308	11.862 лет
Сатурн	1429.4	9.539	0.0560	2.488	29.458 лет
Уран	2871.0	19.191	0.0461	0.774	84.01 лет
Нептун	4504.3	30.061	0.0097	1.774	164.79 лет
Плутон	5913.5	39.529	0.2482	17.148	248.54 лет

Список рекомендуемой литературы

1. А.В.Засов, Э.В.Кононович. Астрономия- 11. Учебник для 11 класса ср. школы. Изд-во Просвещение, М., 1996 (2-е изд.).
2. П.Г. Куликовский. Справочник любителя астрономии – Москва, УРСС, 2002.
3. Э.В. Кононович, В.И. Мороз. Курс общей астрономии – Москва, УРСС, 2003.
4. Энциклопедия для детей. Том 8. Астрономия – Москва, Аванта+, 2004.
5. В.Г. Сурдин. Астрономические олимпиады. Задачи с решениями – Москва, Издательство Учебно-научного центра довузовской подготовки МГУ, 1995.
6. В.Г. Сурдин. Астрономические задачи с решениями – Москва, УРСС, 2002.
7. Задачи Московской астрономической олимпиады. 1997-2002. Под ред. О.С. Угольников, В.В. Чичмаря – Москва, МИОО, 2002.
8. Задачи Московской астрономической олимпиады. 2003-2005. Под ред. О.С. Угольников, В.В. Чичмаря – Москва, МИОО, 2005.
9. А.М. Романов. Занимательные вопросы по астрономии и не только – Москва, МЦНМО, 2005.
10. Всероссийская олимпиада школьников по астрономии. Авт.-сост. А.В. Засов и др. – Москва, Федеральное агентство по образованию, АПК и ППРО, 2005.
11. Всероссийская олимпиада школьников по астрономии: содержание олимпиады и подготовка конкурсантов. Авт.-сост. О. С. Угольников – Москва, Федеральное агентство по образованию, АПК и ППРО, 2006 (в печати).

Ресурсы сети Интернет

- Официальный сайт всех Всероссийских олимпиад, созданный по инициативе Министерства образования и науки Российской Федерации и Федерального агентства по образованию <http://www.rusolymp.ru>
- Официальный сайт Всероссийской астрономической олимпиады <http://lnfm1.sai.msu.ru/~olympiad>
- Сайт Астрономических олимпиад Санкт-Петербурга и Ленинградской области — задачи и решения <http://school.astro.spbu.ru>
- МАЦ «Вега» (задачи районных туров астрономической олимпиады Московской области) <http://infra.sai.msu.ru/vega/sections/10/index.htm>

Для заметок: