

САМАРСКИЙ ДВОРЕЦ ДЕТСКОГО И ЮНОШЕСКОГО ТВОРЧЕСТВА
САМАРСКАЯ ОБЛАСТНАЯ АСТРОНОМИЧЕСКАЯ ШКОЛА



УСЛОВИЯ КОНКУРСНЫХ ЗАДАЧ
ОЛИМПИАДЫ ПО АСТРОНОМИИ SAMRAS-2015
СРЕДИ УЧАЩИХСЯ 8-9 КЛАССОВ
ЗАОЧНОГО ТУРА № 2

Задачи подготовил:

Филиппов Юрий Петрович,
научный руководитель школы,
старший преподаватель кафедры
общей и теоретической физики
Самарского государственного
университета, к.ф.-м.н.

Самара, 2015 г.

Уровень «Новичок» (уровень А)

Задача № 1. «Бумажные карты и атласы звездного неба и нанесенные на них объекты»

Условие. Какие из приведенных небесных тел и их систем (одиночная звезда, Солнце, двойная звезда, планета, Луна, переменная звезда, астероид, звездное скопление, комета, туманность) традиционно не изображают на бумажных картах и атласах звездного неба? Почему их не изображают? (3 балла).

Задача № 2. «Пересечение звездой горизонта»

В момент времени $t = 0^{\text{h}}02^{\text{m}}$ по Самарскому времени наблюдается восход некоторой звезды. Сколько еще раз данная звезда пересечет горизонт в данном пункте, в данные сутки? (3 балла).

Задача № 3. «Астрономическая мозаика»

Условие. На рис. 1 представлена «Астрономическая мозаика» – система изображений различных объектов видимой части Вселенной. Определите типы данных объектов. Как называются данные объекты? (0.5 балла за каждый правильно названный тип объекта и 0.5 балла за каждое правильно сопоставленное объекту название).

Задача № 4. «Конфигурации Земли и Сатурна»

Условие. В некоторый момент времени для земного наблюдателя Сатурн оказался в западной квадратуре. В какой конфигурации будет находиться Земля для гипотетического наблюдателя, находящегося в этот момент в окрестности Сатурна? (4 балла).

Задача № 5. «Дальше, больше, тяжелее...»

Условие. Вашему вниманию представлены 8 классических планет Солнечной системы: Марс, Земля, Венера, Меркурий, Сатурн, Юпитер, Нептун, Уран. Расположите данные планеты в порядке

- а) увеличения их расстояния от Солнца;
- б) уменьшения их масс;
- в) уменьшения их линейных размеров;
- г) уменьшения их средней массовой плотности;
- д) уменьшения количеств известных сегодня у них естественных спутников.

(За каждую правильно представленную цепочку 1 балл).

Задача № 6. «Яркая звезда на зимнем небосводе»

Условие. Астроном, проживающий в г. Самаре, 27 января 2015 года спустя три с половиной часа после полуночи (по самарскому времени) наблюдал из окна своего дома очень яркую звезду (по блеску сравнимую с самими яркими звездами северной полусферы), находившуюся невысоко над горизонтом. Окна его квартиры выходят на северо-запад (ориентированы на 30° севернее направления "на запад"). Астроном смог оценить угловое расстояние звезды от горизонта – оно оказалось равным 1.5 угловым расстояниям между окончаниями максимально растопыренных мизинца и большого пальца вытянутой руки. Идентифицируйте данную звезду. В каком созвездии она находится? Свой ответ поясните¹. Оцените также азимут и высоту звезды. (5 баллов).

Уровень «Знаток» (уровень В)

Задача № 7. «Комета и направление на Солнце»

Условие. На рис. 2 представлена телескопическая фотография кометы, полученная астрономами-профессионалами при ее сближении с Солнцем. Используя копию данной фотографии,

¹Для решения задачи могут оказаться полезными подвижная карта звездного неба или компьютерная программа-симулятор звездного неба.

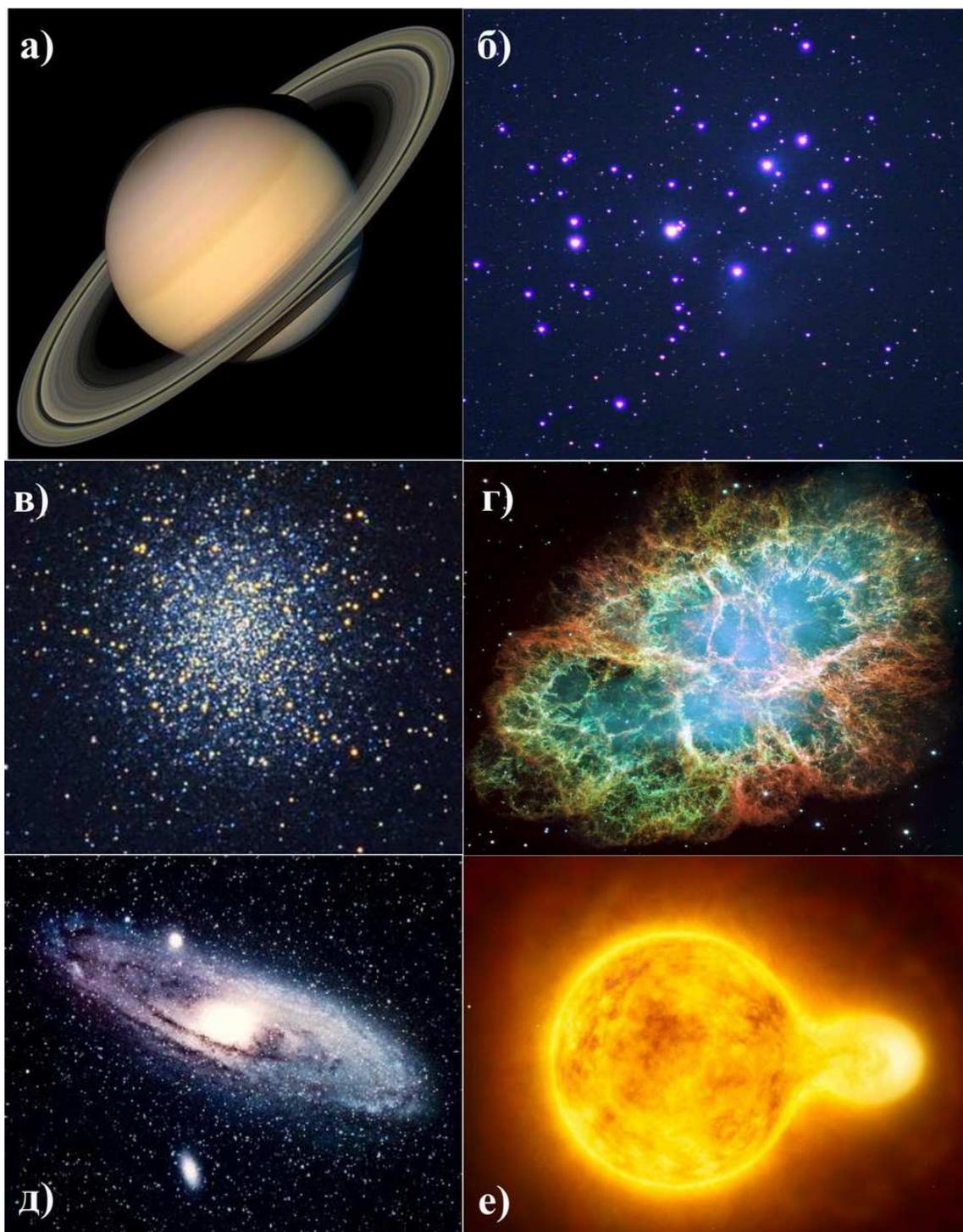


Рис. 1: Изображения различных астрономических объектов.

укажите на последней (стрелкой) направление, в котором нужно было перемещать трубу телескопа авторам фотографии, чтобы можно было в его поле зрения «поймать» Солнце? Свой ответ обоснуйте. (6 баллов).

Задача № 8. «Падение метеороида на галилеев спутник»

Метеороид массой $m = 10$ тонн падает на поверхность одного из галилеевых спутников. Диаметр этого спутника составляет $D = 5.268 \cdot 10^6$ м. График зависимости силы F_{at} гравитационного притяжения метеороида галилеевым спутником от расстояния r между их центрами представлен на рис. 3. Определите ускорение свободного падения у поверхности данного спутника, его массу и среднюю массовую плотность. По полученным данным определите, какой именно это был спутник. (7 баллов).



Рис. 2: фотография кометы, полученная астрономами-профессионалами.

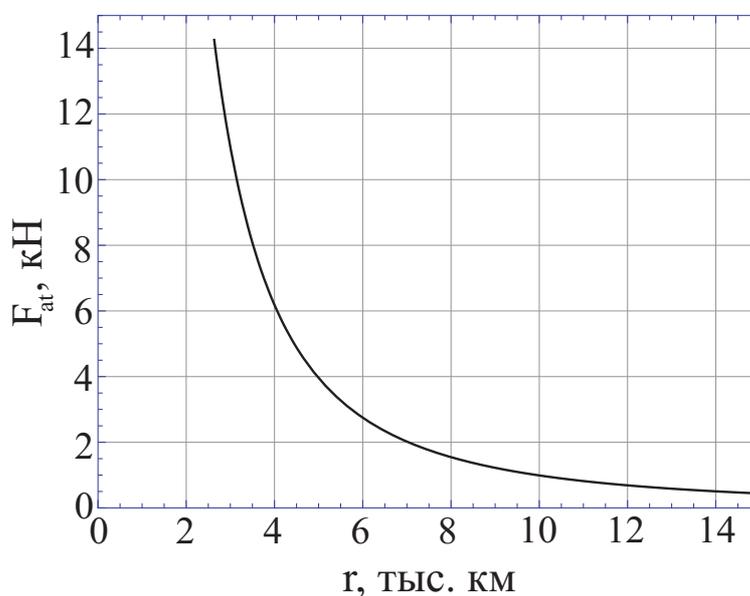


Рис. 3: зависимость силы F_{at} гравитационного притяжения метеороида галилеевым спутником от расстояния r между их центрами.

Задача № 9. «Равноудаленные планеты-соседки»

Условие. Для какой классической планеты Солнечной системы отношение минимальных расстояний от данной планеты до двух ближайших классических планет-соседок ближе всего к единице? Орбиты планет считать круговыми. (8 баллов).

Задача № 10. «Масса атмосферы Марса»

Условие. Оцените массу атмосферы Марса, если давление марсианского воздуха у поверхности планеты составляет 4.77 мм ртутного столба, радиус планеты составляет $0.532 \cdot R_{\oplus}$, а масса планеты – $0.107 \cdot M_{\oplus}$. Здесь R_{\oplus} , M_{\oplus} – радиус и масса Земли. Во сколько раз масса марсианской атмосферы отличается от массы атмосферы Земли? (8 баллов).

Задача № 11. «Сжатие видимого диска Солнца у горизонта»

Условие. Наблюдается восход Солнца, причем в некоторый момент времени нижняя точка его видимого диска касается горизонта. Оцените максимальную разность угловых диаметров Солнца ($D''_{\max \odot} - D''_{\min \odot}$) и соответствующее *видимое сжатие диска*, определяемое выражением

$$k = \frac{D''_{\max \odot} - D''_{\min \odot}}{D''_{\max \odot}}. \quad (1)$$

где $D''_{\max \odot}$, $D''_{\min \odot}$ – максимальное и минимальное значения углового диаметра Солнца. (9 баллов).

Замечание. Для решения задачи следует воспользоваться эмпирической **формулой Беннетта** для определения величины рефракции δh (в угловых минутах) в зависимости от видимой высоты светила h_a (в градусах):

$$\delta h = \operatorname{ctg} \left(\frac{h_a}{1^\circ} + \frac{7.31^\circ}{h_a + 4.4^\circ} \right) \quad (2)$$

и **формулой Смартсона** для определения величины рефракции δh (в угловых минутах) в зависимости от истинной высоты светила h_0 (в градусах):

$$\delta h = 1.02 \cdot \operatorname{ctg} \left(\frac{h_0}{1^\circ} + \frac{10.3^\circ}{h_0 + 5.1^\circ} \right). \quad (3)$$

Задача № 12. «ИСЗ и его движение в области земной тени»

Условие. Искусственный спутник Земли (ИСЗ) движется по круговой орбите, лежащей в плоскости земной орбиты. Спутник на каждом витке попадает в область земной тени. Определите зависимость отношения времени пребывания ИСЗ в области земной тени к сидерическому периоду обращения спутника от радиуса его круговой орбиты. Какое максимальное и минимальное количество времени в течение одних суток может пребывать Международная космическая станция (МКС) в области земной тени (движущаяся по указанной орбите), если высота ее орбиты равна 415 км? (10 баллов).

Уровень «Профи» (уровень С)**Задача № 13. «Закон Тициуса-Бодде и орбиты гипотетических планет»**

Условие. Как известно, закон Тициуса-Бодде – это правило, эмпирическая формула, приближенно определяющая гелиоцентрические расстояния всех классических планет (за исключением Нептуна) и карликовых планет (для Плутона и Эриды). С использованием данного закона

1. оцените абсолютную и относительную погрешность определения гелиоцентрических расстояний до указанных выше тел.
2. определите радиусы круговых орбит гипотетических планет, которые могут находиться за орбитой Эриды, вплоть до внутренней границы облака Оорта ($2 \cdot 10^3$ а.е.)².

(11 баллов).

²Недавние теоретические исследования движений тел внешней части Солнечной системы, выполненные группой испанских и британских астрономов во главе с Карлосом де ла Фуэнте Маркосом, указали на существование на дальних ее рубежах, как минимум, двух неизвестных планет.

Задача № 14. «Маятниковые часы на Земле и Марсе»

Условие. Для проведения будущих научных экспериментов на Марсе было предложено использовать специальные маятниковые часы, основу которых составляют 1) гиря малых размеров, прикрепленная к одному концу 2) жесткой, прямой, легкой штанги, второй конец которой прикреплен к свободно вращающейся горизонтальной оси. Предполагается, что данные часы будут выверены в земной лаборатории при температуре $+20^\circ\text{C}$. Затем часы будут отправлены на Марс, где температура поверхности в момент проведения эксперимента составит -60°C . Учитывая, что радиус Марса составляет $0.532 \cdot R_\oplus$, а масса $-0.107 \cdot M_\oplus$ (здесь R_\oplus, M_\oplus – радиус и масса Земли) определите промежуток времени, в течение которого часовая стрелка часов совершит один полный оборот в указанных условиях. Насколько эффективно использование этих часов для точного измерения времени на Марсе? Коэффициент линейного расширения штанги $\alpha = 5 \cdot 10^{-5}$ град $^{-1}$. Сопротивлением атмосферы движению маятника и трением в оси пренебречь. (12 баллов).

Задача № 15. «Тройной транзит галилеевых спутников – редкое природное явление»

Условие. 23 января 2015 года космический телескоп имени Э. Хаббла получил четкие снимки (см. рис. 4) редкого явления в системе «Юпитер» – *тройного транзита галилеевых спутников* – прохождение одновременно по диску материнской планеты Ио, Европы и Каллисто. Ученые утверждают, что данный феномен является редким природным явлением, однако, в своих комментариях не приводят каких-либо численных оценок. С использованием данных наблюдений для указанных спутников, представленных в таблице 1, сидерических периодов обращения Юпитера ($T_J = 4332.589$ сут) и Земли ($T_\oplus = 365.256366$ сут) оцените промежуток времени между такими двумя последовательными событиями. (13 баллов).

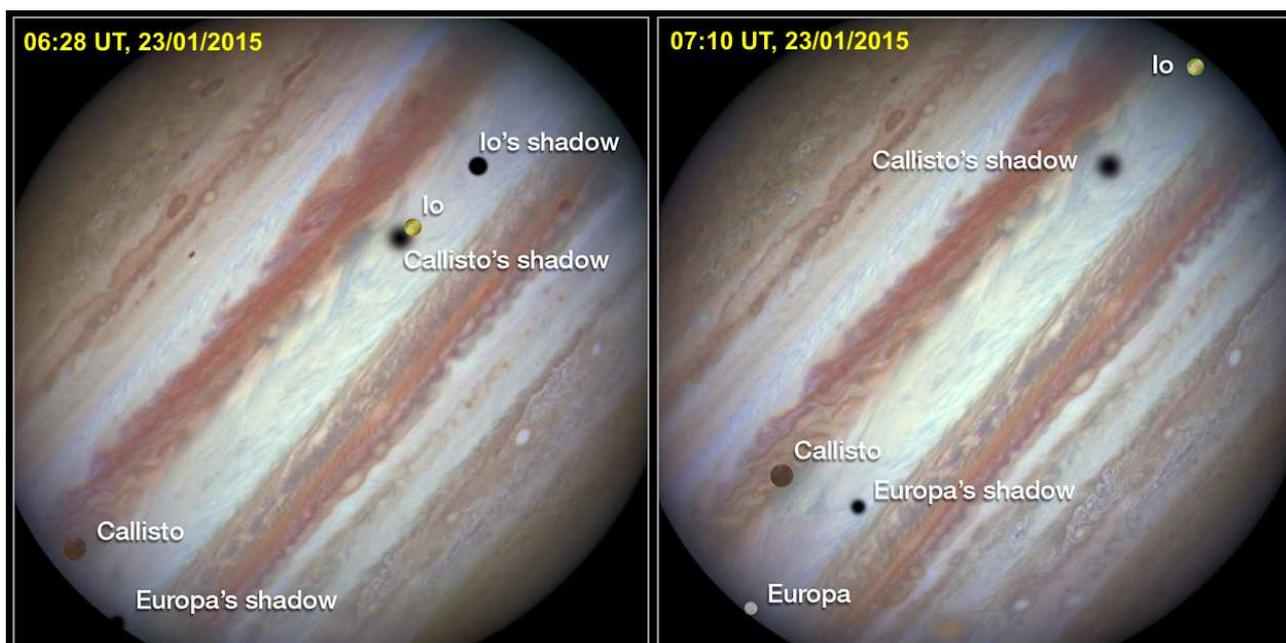


Рис. 4: Фотографии тройного транзита галилеевых спутников Юпитера, полученные с помощью космического телескопа им. Э. Хаббла.

Задача № 16. «Тройной транзит галилеевых спутников и определение их орбитальных скоростей, полярного сжатия Юпитера»

Условие. Для феномена, описанного в задаче № 15, с использованием лишь 1) фотографий рис. 4 и представленной на них информации, 2) значения экваториального радиуса Юпитера $R_J^{(e)} = 71492$ км и 3) предположения о круговых орбитах наблюдаемых спутников, оцените орбитальные скорости их движения и полярное сжатие Юпитера. Определите абсолютную и относительную ошибку определения искомых величин с использованием точных значений, представленных в таблице 1. Табличное значение коэффициента полярного сжатия Юпитера $-k_J^{(0)} = 0.06487$. (13 баллов).

Параметр	Галилеевы спутники			
	Ио	Европа	Ганимед	Каллисто
Большая полуось, км	421700	670900	1070400	1 882 700
Эксцентриситет	0.0041	0.009	0.0013	0.0074
Перийовий, км	420000	664862	1069200	1869000
Апийовий, км	423400	676938	1071600	1897000
Наклонение орбиты к пл-ти экватора Юпитера, град	0.05	0.470	0.200	0.192
Средняя орбитальная скорость, км/с	17.334	13.740	10.880	8.204
Сидерический период обращения, сут	1.769137	3.551181	7.154553	16.689018

Таблица 1: Основные орбитальные характеристики галилеевых спутников Юпитера.

Задача № 17. «Тройной транзит галилеевых спутников и определение радиусов их орбит, сидерических периодов обращения»

Условие. Для феномена, описанного в задаче № 15, с использованием лишь 1) фотографий рис. 4 и представленной на них информации, 2) значения экваториального радиуса Юпитера $R_J^{(e)} = 71492$ км, 3) предположения о круговых орбитах наблюдаемых спутников и 4) точных значений орбитальных скоростей спутников, представленных в таблице 1, оцените радиусы их орбит, сидерические периоды обращения. Определите абсолютную и относительную ошибку определения искомых величин с использованием точных значений, представленных в таблице 1. (14 баллов).

Задача № 18. «Тройной транзит галилеевых спутников и оценка массы, средней массовой плотности Юпитера»

Условие. Для феномена, описанного в задаче № 15, с использованием 1) наиболее точных результатов задачи № 17, 2) полярного сжатия, вычисленного в задаче № 16 и 3) предположения о круговых орбитах наблюдаемых спутников оцените массу Юпитера и его среднюю массовую плотность (полагая, что тело Юпитера – эллипсоид вращения). С использованием справочных данных для искомых величин вычислите их абсолютную и относительную ошибку определения. (15 баллов).