

САМАРСКИЙ ДВОРЕЦ ДЕТСКОГО И ЮНОШЕСКОГО ТВОРЧЕСТВА
САМАРСКАЯ ОБЛАСТНАЯ АСТРОНОМИЧЕСКАЯ ШКОЛА



УСЛОВИЯ КОНКУРСНЫХ ЗАДАЧ
ОЛИМПИАДЫ ПО АСТРОНОМИИ SAMRAS-2015
СРЕДИ УЧАЩИХСЯ 10-11 КЛАССОВ
ЗАОЧНОГО ТУРА № 1

Задачи подготовил:

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

Самара, 2014 г.

Уровень «Новичок» (уровень А)

Задача № 1. «Сокровища звездного неба»

На представленной ниже фотографии (см. рис. 1) участка звездного неба идентифицируйте созвездия, полностью попавшие в кадр. Назовите собственные имена пяти наиболее ярких звезд кадра и укажите их положение на бумажной копии фотографии. (1 балл за каждый правильно названный объект).



Рис. 1: фотография участка звездного неба.

Задача № 2. «Сближение с Нептуном 25 лет спустя»

Условие. 25 августа 2014 года космический аппарат (КА) «Новые горизонты» (New Horizons, NASA, USA) прошел точку орбиты Нептуна – ледяной планеты-гиганта, самой удаленной от Солнца классической планеты. Планета в этот момент находилась вблизи противостояния. Указанная точка орбиты Нептуна расположена на гелиоцентрическом расстоянии, равном $r_{gc} = 4.02$ млрд. км. Оцените минимальное время, в течение которого сигнал, испущенный аппаратом, достигнет орбиты Земли (в расчетах следует считать, что орбиты Земли и Нептуна лежат в одной плоскости). Следует отметить, что данное событие знаменательно тем, что ровно 25 лет назад, 25 августа 1989 года, с Нептуном сблизился другой КА – «Вояджер-2» (Voyager 2, NASA, USA) который двигался в сторону внешней границы Солнечной системы и который стал первым в истории космическим аппаратом, побывавшим в окрестности Нептуна. Во сколько раз

расстояние, пройденное радиосигналом к указанному моменту (25.08.2014), испущенным с борта Вояджера-2, 25 лет тому назад, больше расстояния r_{gc} ? (3 балла).

Задача № 3. «Соединение Венеры и Марса»

Условие. Однажды Венера вступила в тесное соединение с Марсом. У какой из двух планет в этот момент угловой диаметр видимого диска будет больше? Ответ поясните. (3 балла).

Задача № 4. «Фотография участка звездного неба и направление на полюс мира»

Условие. На рис. 2 представлена фотография участка звездного неба, полученная известным астрофотографом Дж. Чумаком (John Chumack). Используя бумажную копию данной фотографии, укажите на последней направление на северный полюс мира. (4 балла).

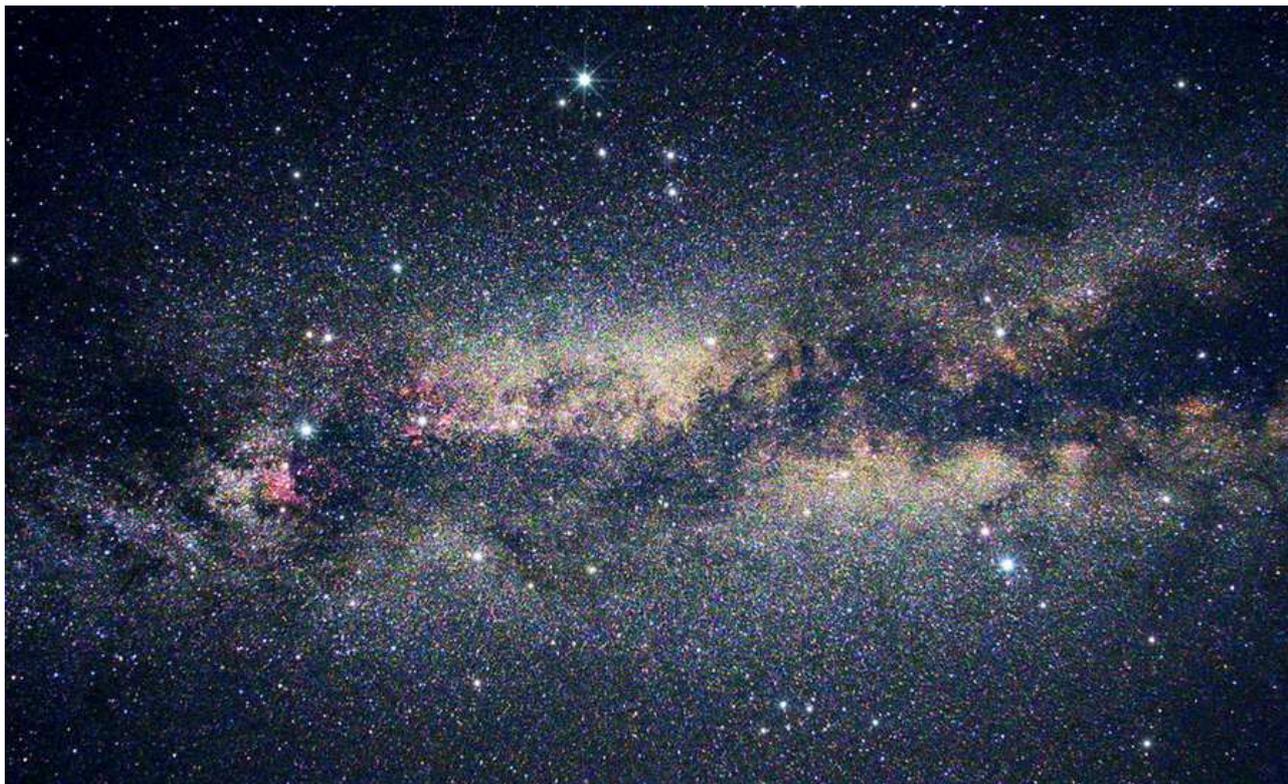


Рис. 2: фотография участка звездного неба, полученная астрофотографом Дж. Чумаком (John Chumack).

Задача № 5. «Какая звезда горячее?»

Условие. В красных лучах звезды А и В светят одинаково, а в голубых лучах звезда В на 0.1^m ярче, чем звезда А. Какая из звезд имеет более высокую температуру поверхности? (4 балла).

Задача № 6. «Желтый гипергигант и карлик»

Условие. Во сколько раз звезда-гипергигант ρ Кассиопеи со светимостью $L_* = 5.5 \cdot 10^5 L_\odot$ (здесь L_\odot – светимость Солнца) больше, чем звезда главной последовательности – β Гончих Псов ($L = 1.2 L_\odot$), если их температуры одинаковы и равны $T_* = 6000^\circ$? (5 баллов).

Уровень «Знаток» (уровень В)

Задача № 7. «Мощные гейзеры Европы»

Условие. В декабре 2013 года учеными из Юго-Западного университета в Сан-Антонио (США) были впервые представлены доказательства существования водяных гейзеров, бьющих из трещин ледяной коры Европы (спутника Юпитера) недалеко от ее южного полюса. Открытие сделано по результатам анализа снимков телескопа Хаббла в оптическом и ультрафиолетовом диапазонах, полученных в декабре 2012 года. Установлено, что гейзеры поднимаются

на высоту 200 км от поверхности, после чего их материал в связи со значительной массой Европы ($\mathcal{M}_E = 4.802 \cdot 10^{22}$ кг) выпадает обратно на поверхность спутника, радиус которого $\mathcal{R}_E = 1561.2$ км. Интенсивность биеия гейзеров является переменной и зависит от приливной активности со стороны Юпитера, усиливаясь при отдалении Европы от газового гиганта, и ослабеваая при приближении к нему. Определите начальную скорость вырывающихся из трещин потоков воды, и оцените эффективную площадь этих трещин, если суммарный поток гейзеров Европы, по оценке специалистов, равен 5 тонн в секунду. (6 баллов).

Задача № 8. «Наибольшая элонгация Венеры»

Условие. Как известно, орбита Земли характеризуется большой полуосью $a_{\oplus} = 1.0000$ а.е. и эксцентриситетом $\varepsilon_{\oplus} = 0.0167$. Соответствующие значения орбитальных параметров Венеры есть $a_{\ominus} = 0.7233$ а.е., $\varepsilon_{\ominus} = 0.0068$. Определите по этим данным минимальное и максимальное возможные значения наибольшей элонгации Венеры. В расчетах пренебечь наклоением орбиты Венеры к плоскости эклиптики. (7 баллов).

Задача № 9. «Географические особенности Самарской области»

Как известно, Самарская область занимает территорию с площадью 53.6 тыс. км². Область протянулась с запада на восток на 315 км. Самая восточная точка данной области определяется географической долготой – 52°35'. Определите

- какую долю (в процентах) составляет от площади всей территории РФ ($S_{RF} = 17125.187$ тыс. км²), площадь территории Самарской области?
- долготу самой западной точки области. В расчетах следует полагать, что Земля есть шар радиуса $\mathcal{R}_{\oplus} = 6371$ км, широта г. Самара – $\varphi_S = 53^{\circ}12'$.
- На сколько отличаются моменты наступления Нового года для жителей Самарской области, находящихся в самой восточной и самой западной точках области?
- В какой из этих двух точек продолжительность дня 23 сентября будет больше? А 21 марта? Ответ поясните. (8 баллов).

Задача № 10. «Время вечерней видимости Венеры»

Условие. Предположим, что Венера 21 марта оказалась в наибольшей восточной элонгации. При этом склонение планеты оказалось равным $\delta_{\ominus} = 0^{\circ}00'$. В каких точках поверхности Земли азимут Венеры не будет изменяться от верхней кульминации до захода? В какой точке горизонта при этом будет виден (в идеальных условиях) заход планеты? С использованием результатов задачи № 8, оцените минимальное и максимальное возможные значения продолжительности вечерней видимости планеты над горизонтом при данных условиях. (8 баллов).

Задача № 11. «Линейные размеры составляющих кометы C/2014 E2 (Jacques)»

Условие. С использованием фотографии кометы C/2014 E2 (см. рис. 3) оцените линейные размеры (в километрах) видимой части комы кометы и части хвоста, если известно, что фотография получена 21 мая 2014 года, когда геоцентрическое расстояние до кометы было равно $\Delta = 1.529$ а.е. Данная фотография охватывает участок неба с размерами 50' × 50'. (9 баллов).

Задача № 12. «Поверхностная яркость, светимость и альbedo комы кометы C/2014 E2 (Jacques)»

Условие. С использованием фотографии кометы C/2014 E2 (см. рис. 3), данных и результатов решения предыдущей задачи, определите среднюю поверхностную яркость комы кометы (в звездных величинах, приходящихся на единицу угловой площади, т.е. в m''). Оцените также полный световой поток, отбрасываемый комой кометы в направлении Земли (в Ваттах) и ее дифференциальное альbedo (отношение потока видимого излучения отбрасываемого комой кометы в направлении Земли, в соответствующий телесный угол, к полному потоку солнечного излучения, падающему на кому кометы) для земного наблюдателя, если гелиоцентрическое расстояние кометы в момент наблюдений было равно $r_{hc} = 1.029$ а.е., а видимая звездная величина $m_c = 11.9^m$. (10 баллов).



Рис. 3: комета C/2014 E2 Jacques. Фотография получена Р. Лигастри (Rolando Ligustri) 21 мая 2014 года.

Уровень «Профи» (уровень С)

Задача № 13. «Вспышка ИСЗ»

Условие. Астроном-любитель (находившийся на земном экваторе), выполняя обзор восточной части небосвода 21 марта 2014 года, за 240 минут до восхода Солнца, наблюдал вблизи горизонта «вспышку» низкоорбитального искусственного спутника Земли – резкое увеличение его видимого блеска, обусловленное отражением (согласно закону отражения) солнечных лучей от рабочей поверхности его солнечных батарей. Для уменьшения силы сопротивления атмосферы ориентация панелей солнечных батарей всегда перпендикулярна отвесной линии в данной точке орбиты. Предполагая, что орбита ИСЗ является круговой, а ее наклонение к плоскости земного экватора равно нулю, определите ее радиус, высоту орбиты, расстояние до спутника и период его обращения. Рефракцией света в атмосфере Земли пренебречь. (11 баллов).

Задача № 14. «Селфи аппарата Rosetta и масса ядра 67P/Чурюмова-Герасименко»

Условие. 7 сентября 2014 года космическим аппаратом (КА) Rosetta, с помощью автоматизированного "глаза" посадочного модуля Philae была сделана фотография-селфи (см. рис. 4), на которой можно увидеть солнечную батарею аппарата Rosetta на фоне ядра кометы 67P/Чурюмова-Герасименко. Известно, что длина "дверной петли" солнечной батареи (отрезок АВ) равна 30 см, а расстояние от петли до объектива фотокамеры – 230 см. На рис. 5 представлена для сравнения фотография ядра 67P/Чурюмова-Герасименко с высоким разрешением, размеры которого равны

3 × 5 км. В момент получения фотографии КА двигался вокруг ядра кометы по круговой орбите с периодом 31.9 сут. Используя имеющиеся данные, определите радиус орбиты КА и массу ядра кометы. (12 баллов).

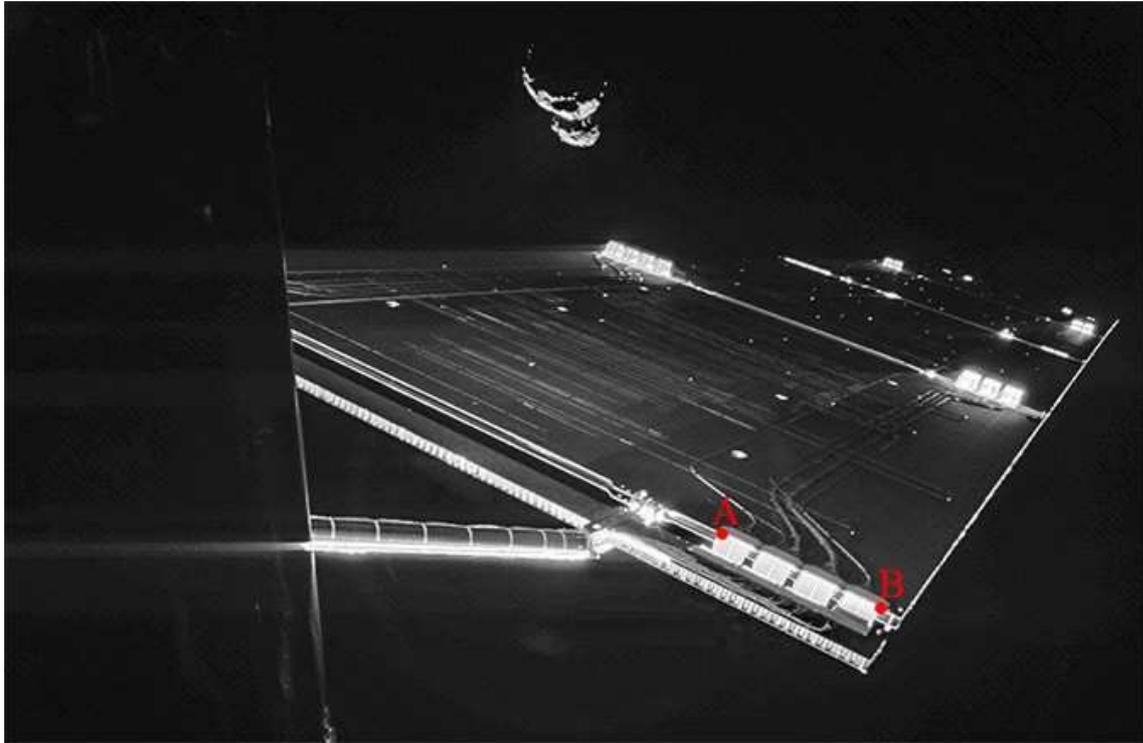


Рис. 4: Селфи, полученное аппаратом Rosetta. На фото попало ядро 67P/Чурюмова-Герасименко.

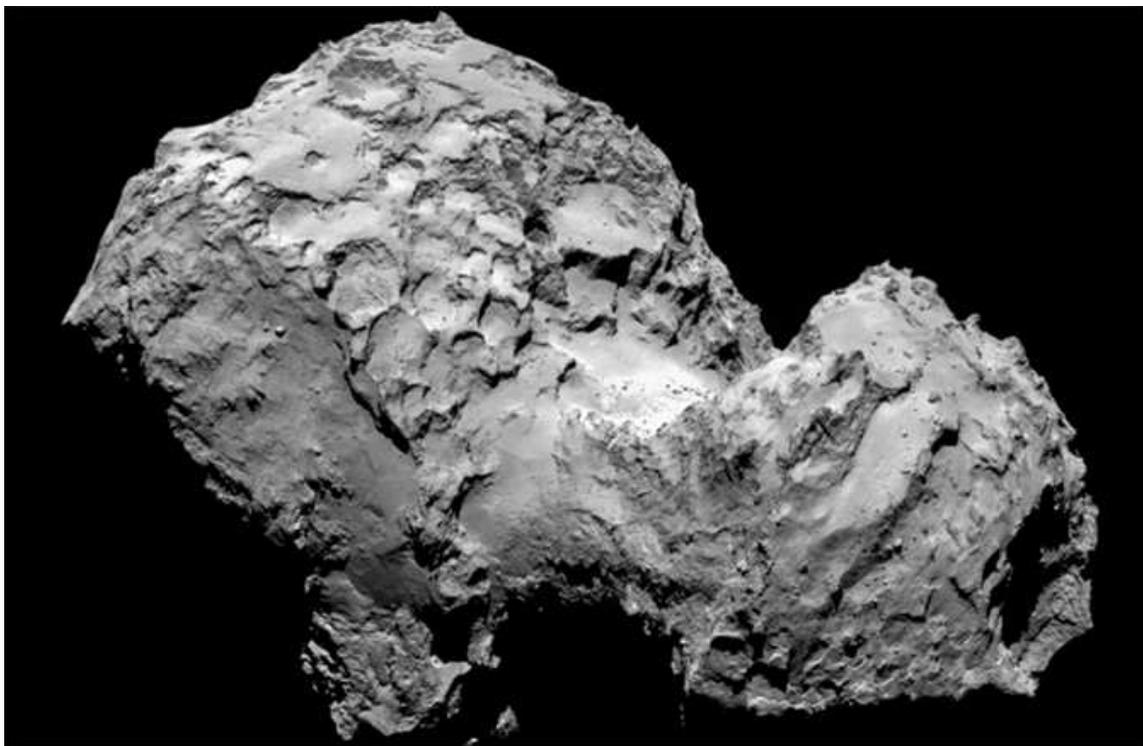


Рис. 5: Фотография ядра 67P/Чурюмова-Герасименко с высоким разрешением, полученная аппаратом Rosetta.

Задача № 15. «Поток и плотность потока солнечных нейтрино»

Условие. Как известно, основным источником энергии в теле Солнца являются термоядерные реакции, которые идут в его ядре. В каждом элементарном акте превращения водорода в гелий образуются два электронных нейтрино (ν_e) и гамма-кванты (γ), устремляющихся прочь из

ядра, при этом гамма-квантами уносится энергия, равная 26.14 МэВ. Полагая светимость Солнца, равной $L_{\oplus} = 3.827 \cdot 10^{26}$ Вт, оцените а) полный поток нейтрино, образующихся в ядре Солнца; б) плотность потока нейтрино, определенную для площадки величиной 1 м^2 , находящуюся у поверхности Земли. (13 баллов).

Задача № 16. «Площадь летне-осеннего треугольника»

Условие. Найти (угловую) площадь (в квадратных градусах) части небесной сферы, заключенную внутри летне-осеннего треугольника. Все необходимые данные возьмите из справочной литературы. (13 баллов).

Задача № 17. «Амплитуда статической деформации поверхности Земли»

Условие. Как известно, Луна и Солнце оказывают наибольшее гравитационное воздействие на тело Земли. В частности, приливные силы, действующие со стороны данных тел приводят к искажению формы Земли: на поверхности Земли появляется приливной горб (подъем земной коры). Оцените амплитуду статической деформации поверхности Земли (величину отклонения тела Земли от формы шара, в отсутствие ее суточного вращения). Определите значения амплитуды в случае Солнца и Луны. Все необходимые данные возьмите из справочной литературы. (14 баллов).

Задача № 18. «Определение склонения Юпитера по горизонтальным координатам его двух положений»

Условие. Астроном-любитель с использованием теодолита получил горизонтальные координаты Юпитера (h_1, A_1 и h_2, A_2) в 2 точках его суточной параллели (в два близких момента времени). Им был предложен новый метод определения склонения планеты, с использованием значений высот (h_1, h_2) и изменения азимута планеты $\Delta A = A_2 - A_1$ (см. таблицу 1). Получите аналитическое выражение для склонения светила, с учетом явления рефракции света, в терминах $\{h_1, h_2, \Delta A, \varphi\}$, где $\varphi = 52^\circ 53'$ – астрономическая широта места наблюдения. Решение задачи следует выполнить в виде ряда этапов.

1. Рассмотрите параллактический треугольник; запишите формулы синусов и косинусов для данного треугольника, выражая экваториальные координаты через горизонтальные.
2. С использованием полученных формул, найдите аналитическое выражение для склонения Юпитера δ , как явно заданную функцию параметров $\{h_1, h_2, \Delta A, \varphi\}$. Выполните анализ полученного результата.
3. Влияние рефракции исключить из данных наблюдений посредством замены исходных данных высоты планеты на исправленные значения

$$h_i \rightarrow h_i^{(0)}, \text{ где } h_i^{(0)} = h_i - \delta h_i,$$

здесь δh_i – угол рефракции, определяемый формулой Лапласа:

$$\delta h_i = A_h \operatorname{ctg} h_i - B_h \operatorname{ctg}^3 h_i, \quad A_h = 57.085'', \quad B_h = 0.067''.$$

4. Вычислите для каждого набора $\{h_{1i}, h_{2i}, \Delta A_i\}$ значение δ_i . Искомый результат для склонения определите средним арифметическим значением $\bar{\delta}$ для набора $\{\delta_i\}$.
5. Ошибку определения склонения планеты $\bar{\delta}$ оцените посредством использования случайной погрешности среднего арифметического:

$$\Delta \delta = t_n \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(\bar{\delta} - \delta_i)^2}{n(n-1)}}. \quad (1)$$

где δ_i – i -ое значение склонения планеты, n – количество полученных значений искомой величины (в данном случае $n = 10$), $t_n = 2.262$ – коэффициент Стьюдента для $n = 10$. (15 баллов).

№ п/п	h_1 , град	h_2 , град	ΔA , град
1	13.896	14.567	0.850
2	17.121	17.742	0.800
3	21.229	21.825	0.767
4	25.475	26.100	0.858
5	29.450	30.250	1.088
6	32.783	33.692	1.300
7	36.083	36.696	0.921
8	40.642	41.333	1.158
9	44.083	44.633	1.083
10	47.525	48.046	1.175

Таблица 1: значения данных наблюдений Юпитера от 14.08.2000 г, полученные астрономом-любителем.