

САМАРСКИЙ ДВОРЕЦ ДЕТСКОГО И ЮНОШЕСКОГО ТВОРЧЕСТВА  
САМАРСКАЯ ОБЛАСТНАЯ АСТРОНОМИЧЕСКАЯ ШКОЛА



---

---

УСЛОВИЯ КОНКУРСНЫХ ЗАДАЧ  
ОЛИМПИАДЫ ПО АСТРОНОМИИ SAMRAS-2016  
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, 2015 г.

## Уровень «Новичок» (уровень А)

### Задача № 1. «Самое большое и самое маленькое созвездия небосвода»

**Условие.** Как известно, сегодня на небосводе насчитывается 88 созвездий. Какое из этих созвездий является самым большим? А какое является самым маленьким? Какая величина традиционно является количественной мерой размера созвездия? (3 балла).

### Задача № 2. «Астрономические грабли»

**Условие.** Что такое "астрономические грабли"? Какие астрономические задачи можно решить с помощью них? Можно ли их создать в домашних условиях? (3 балла).

### Задача № 3. «Самое быстрое небесное тело»

**Условие.** Какое из известных вам небесных тел обладает наибольшим собственным движением с точки зрения земного наблюдателя? Оцените его величину. (3 балла).

### Задача № 4. «От квадратуры до элонгации»

**Условие.** В некоторый момент времени Сатурн с Земли наблюдался в западной квадратуре. Через какой минимальный промежуток времени Земля окажется в западной элонгации для гипотетического наблюдателя, находящегося у поверхности Сатурна? (4 балла).

### Задача № 5. «Вращающиеся переменные звезды»

**Условие.** В настоящее время среди прочих переменных звезд выделяют в отдельный класс вращающиеся переменные звезды. Какова природа изменения блеска этих звезд? Какие значения принимает амплитуда и период изменения их блеска? Почему сравнительно недавно удалось обнаружить эти звезды? (4 балла).

### Задача № 6. «Фотосъемка камерой LORRI поверхностей Плутона и Харона»

**Условие.** 14 июля 2015 года космический аппарат "Новые горизонты" (New Horizons, США) испытал тесное сближение с Плутоном (минимальное расстояние  $-r_{\min}^{(1)} = 12500$  км) и его спутником Хароном ( $r_{\min}^{(2)} = 28800$  км). Для фотосъемки поверхностей данных тел использовалась камера LORRI с диаметром объектива  $D_c = 20.8$  см. Оцените разрешающую способность данной камеры. Объекты какого минимального линейного размера может в идеальном случае "разглядеть" данная камера на поверхностях указанных тел в моменты наибольшего сближения? (5 баллов).

## Уровень «Знаток» (уровень В)

### Задача № 7. «Флаг Турции и астрономия»

**Условие.** На рисунке 1 представлен флаг Турции, принятый данным государством в 1936 году. Какие небесные тела и астрономические явления можно увидеть на данном флаге? Есть ли несоответствия действительности ("ляпы") на данном флаге? (6 баллов).

### Задача № 8. «Галилеевы спутники и изменения их блеска»

**Условие.** У какого из четырех галилеевых спутников в его орбитальном движении вокруг Юпитера наблюдается наибольшее изменение блеска? У какого – наименьшее изменения блеска? Оцените минимальное и максимальное возможные значения искомым величин, если большая полуось и эксцентриситет орбиты Юпитера равны  $a_J = 5.204$  а.е.,  $e_J = 0.0488$ , а орбитальные характеристики спутников представлены в таблице 1. (7 баллов).

### Задача № 9. «Линейные размеры тени и полутени Земли»

**Условие.** В некоторый момент времени наблюдается полное лунное затмение. Оцените линейные размеры тени и полутени, отбрасываемые Землей, на расстоянии лунной орбиты. Во сколько раз угловые размеры тени и полутени больше соответствующего размера видимого диска Луны? (8 баллов).



Рис. 1: флаг Турции.

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
Перигийный, км	420000	664862	1069200	1869000
Апоийный, 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 № 10. «Закончится ли "эра полных лунных затмений"?»**

**Условие.** На какое минимальное расстояние должна удалиться Луна от Земли, чтобы феномен полного лунного затмения прекратил свое существование? Точные расчеты показывают, что Луна, в результате приливного взаимодействия с Землей, в итоге удалится от последней на 550 тыс. км, через 5 млрд. лет. Закончится ли в указанный период "эра полных лунных затмений"? Если да, то оцените оставшееся время "эры" при условии, что Луна удаляется от Земли со скоростью 4 см/год. (8 баллов).

**Задача № 11. «Притяжение Луны и Солнца и положение отвеса»**

**Условие.** Почему сила притяжения к Луне и Солнцу в зависимости от их положения на небе и фаз не влияет на видимое (невооруженным глазом) положение отвеса? Своё объяснение подкрепите математическими выкладками. (9 баллов).

**Задача № 12. «Местоположение санатория»**

**Условие.** Астроном, пребывая в отпуске, остановился в одном из отелей на берегу океана. Утром 23 сентября он вышел на балкон своего номера и стал поджидать верхнюю кульминацию Солнца. В ожидаемый момент Солнце отразилось в центре бассейна шириной  $\ell = 6$  м, отстоящего от балкона на расстоянии  $L = 10$  м. Расстояние от поверхности земли до пола балкона составляло

$H = 10$  м. Рост астронома равен  $h = 1.8$  м. Уравнение времени в этот день было равно  $\eta = -8^m$ . Часы астронома, в этот момент (по местному декретному времени) показывали  $13^h 20^m$ . Астроном знал, что отель находится в 9-м часовом поясе. Оцените по имеющимся данным географические координаты отеля. (10 баллов).

## Уровень «Профи» (уровень С)

### Задача № 13. «Транзит небесного тела по диску Солнца»

**Условие.** На рисунке 2 представлена фотография транзита небесного тела по диску Солнца. С использованием справочных данных из сторонних источников, определите, какое именно тело испытало транзит? Оцените полное время его транзита. (11 баллов).

### Задача № 14. «Звездное небо на горе Наблюдатель и в Самаре»

**Условие.** Как известно, самая высокая точка Жигулевских гор – гора Наблюдатель (высота  $h_N = 381.2$  м над уровнем моря). Средняя высота Самары над уровнем моря равна  $h_S = 100$  м. Полагая, что все звезды с звездной величиной  $\leq 6^m$  распределены на небесной сфере равномерно, оцените, на сколько таких звезд больше видно с вершины горы Наблюдатель, нежели из г. Самары. Городской засветкой, влиянием атмосферной пыли, рельефом и атмосферной рефракцией на результаты наблюдений пренебречь. (12 баллов).



Рис. 2: фотография транзита небесного тела по диску Солнца.

### Задача № 15. «Вращение Земли и отклонение отвеса от направления на ее центр»

**Условие.** Как известно, вращение Земли вокруг своей оси является одной из причин отклонения отвесной линии в данной точке поверхности Земли от направления на ее центр. Определите угол отклонения отвесной линии как функцию широты точки поверхности Земли в предположении, что последняя есть шар со сферически симметричным распределением массы, вращающийся с периодом  $T_{\oplus} = 23^h 56^m 04^s$ . На каких широтах данный угол достигает максимального и минимального значений. Чему равны эти значения? (13 баллов).

### Задача № 16. «Свойства звезды Kepler-138»

**Условие.** В июне 2015 года американские астрономы объявили об открытии самой легкой экзопланеты, известной на тот момент, Kepler-138b. Эта планета обращается вокруг красного карлика Kepler-138 (с эффективной температурой поверхности  $T_* = 3871$  К и радиусом  $R_* = 0.54 R_{\odot}$ , M0V) по почти круговой орбите радиуса  $r_P = 0.0769$  а.е., с периодом  $P_P = 10.3$  сут. Полагая, что масса планеты много меньше массы карлика, оцените массу последнего (в массах Солнца) и его среднюю массовую плотность. Вычислите также его светимость (в светимостях Солнца), болометрическую видимую звездную величину и визуальную видимую звездную величину (для землянина), при условии, что расстояние до звезды составляет  $\Delta_* = 66.5$  пк. (13 баллов).

### Задача № 17. «Телескоп для наблюдений системы Kepler-138»

**Условие.** С использованием данных и результатов решения предыдущей задачи оцените минимальный диаметр зеркала телескопа, который еще пригоден для наблюдений звезды Kepler-138. Оцените видимую звездную величину экзопланеты Kepler-138b, когда последняя находится в окрестности своей наибольшей элонгации, учитывая, что радиус экзопланеты равен 0.45 радиуса Земли и полагая, что сферическое альbedo планеты ( $A_B$ ) равно геометрическому альbedo Марса ( $p_M = 0.15$ ). Телескоп с каким диаметром зеркала пригоден для прямых наблюдений экзопланеты? Каков должен быть диаметр зеркала, чтобы разрешить радиус орбиты планеты  $a_2$  на указанном расстоянии  $r_1$ ? Каким должен быть диаметр зеркала телескопа, который будет

удовлетворять всем выше перечисленным условиям? (14 баллов).

**Задача № 18. «Проект LLMT»**

**Условие.** Недавно американско-канадской группой инженеров и астрономов был предложен амбициозный проект Lunar Liquefied Mirror Telescope – проект телескопа с главным жидким зеркалом диаметром  $D_T = 100$  м, который будет расположен на Луне. Главное зеркало будет образовано ионной жидкостью, помещенной в цилиндрический поддон, вращающийся с некоторой постоянной скоростью  $\omega_T$ . Телескоп с жидким зеркалом привлекателен по многим причинам, прежде всего, дешевизной и возможностью создавать телескопы с очень большими параболическими зеркалами. Главное преимущество параболического зеркала – отсутствие сферической аберрации. Докажите строго математически, что

1. у параболического зеркала отсутствует сферическая аберрация.
2. у сферического зеркала в случае малости отношения  $D_T/2r$  (где  $r$  – радиус кривизны поверхности), сферическая аберрация является пренебрежимо малой.
3. поверхность жидкости, вращающейся вместе с поддоном в однородном поле тяготения, есть параболоид вращения.
4. Определите разрешающую способность такого телескопа и его проникающую силу.
5. Исследуйте зависимость фокусного расстояния такого зеркала от частоты обращения. При каких значениях частот вращения  $\nu$  (в Гц) поддона его относительное отверстие будет равно а) 1 : 1, б) 1 : 3, в) 1 : 6, г) 1 : 10, д) 1 : 15. (15 баллов).