

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 № 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. «Юпитер на фоне созвездий»

Условие. Как известно, Юпитер – классическая планета Солнечной системы, движущаяся (как и другие планеты) вокруг Солнца. В силу значительного собственного движения (по отношению к земному наблюдателю), планета с течением времени перемещается по небосводу, из одного созвездия в другое. В каких из ниже приведенных созвездий: *Большой Пес, Телец, Близнецы, Андромеда, Персей, Стрелец, Большая медведица, Водолей, Дракон, Рыбы, Эридан, Рысь, Змееносец* ее можно наблюдать в принципе? (0.5 балла за каждое правильно названное созвездие).

Задача № 2. «От самых горячих к самым холодным»

Условие. Расположите ниже представленные звезды в порядке убывания их эффективной температуры поверхности: красные карлики, голубые гиганты, желтые карлики, белые карлики, коричневые карлики. (3 балла).

Задача № 3. «Идентификация галилеевых спутников»

Условие. Астроном-любитель с помощью компьютерной программы симулировал конфигурацию галилеевых спутников Юпитера, представленную на рис. 1. С использованием данных для галилеевых спутников, представленных в таблице 1 и значения экваториального радиуса Юпитера ($R_J^{(e)} = 71492$ км), идентифицируйте эти спутники по фотографии. (3 балла).



Рис. 1: Конфигурация галилеевых спутников Юпитера, симулированная астрономом-любителем с помощью компьютерной программы.

Задача № 4. «Луна у горизонта»

Условие. Астроном-любитель, находясь в пригороде г. Самара ($\lambda = 3^{\text{h}}20^{\text{m}}$), 21 марта наблюдал Луну вблизи горизонта в виде полукруга, выпуклостью вправо. В какую сторону горизонта был направлен его взгляд? В котором приблизительно часу по Самарскому времени это было? Ответ обосновать. Чему было равно звездное время в этот момент? Оцените также прямое восхождение и часовой угол Луны. (4 балла).

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
Периодический, км	420000	664862	1069200	1869000
Апоидный, 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 № 5. «О мировом рекорде по прыжкам в длину и возможности его превосходства»

Условие. На чемпионате мира по легкой атлетике 1991 года, проходившем в г. Токио ($\varphi = 35.71^\circ$, $g_0^T = 9.798 \text{ м/с}^2$) американский спортсмен Майк Пауэлл установил мировой рекорд по прыжкам в длину, который остается не покоренным и по сей день – он смог прыгнуть с использованием стиля «ножницы» на 8.95 м. В каком городе, по вашему мнению, следовало провести те самые соревнования по прыжкам в длину организаторам чемпионата мира, чтобы при прочих равных условиях, рекорд Пауэлла был максимально возможным? Оцените значение дальности прыжка в этом случае. В рассуждениях следует полагать, что Земля есть однородный шар, участвующий в суточном вращении. (4 балла).

Задача № 6. «Кратная система ϵ Лиры и ее разрешение в телескоп»

Условие. Телескоп с какими минимальными значениями увеличения (Γ_{\min}) и диаметра зеркала (D_{\min}) необходимо использовать астроному-любителю, чтобы уверенно разрешить все компоненты кратной звезды ϵ Лиры? Последняя представляет собой систему из четырех звезд: она условно делится на северный компонент Эпсилон-1 (ϵ_1) и южный компонент – Эпсилон-2 (ϵ_2), угловое расстояние между которыми равно $D'' = 3.47'$. В свою очередь, каждая из данных компонент является физически двойной звездой с угловыми расстояниями $d_1 = 2.6''$ и $d_2 = 2.3''$. Разрешающую способность глаза принять равной $\beta_y = 2.5'$. (5 баллов).

Уровень «Зналок» (уровень В)**Задача № 7. «Противосияние и условия его наблюдения»**

Условие. Астроном-новичок, проводя подготовку к наблюдениям явления противосияния, выглянул из окна своего дома и увидел картину, представленную на рис. 2. В каком направлении (укажите на копии рисунка стрелкой) он должен ориентировать свой взгляд, чтобы его увидеть? Сможет ли он его увидеть, находясь в г. Самара? В ДОЛ Жигули? (6 баллов).

Задача № 8. «Прямые восхождения Луны и Юпитера»

Условие. Астроном, выполняя наблюдения небосвода в ночь с 27 на 28 января 2015 года, пребывая в окрестности г. Самара, обнаружил, что Луна прошла меридиан 27 января в 18 часов 56 мин 45 сек по Самарскому времени. Юпитер прошел меридиан 28 января в 1 час 38 мин 34 сек. Определите прямые восхождения Луны и Юпитера, в моменты их пребывания в меридиане, если известно, что 21 января 2015 года местное звездное время в полночь по Самарскому времени было равно $7^{\text{h}}19^{\text{m}}55^{\text{s}}$. (7 баллов).

Задача № 9. «Плотность атмосферы Марса»

Условие. Оцените плотность атмосферы Марса (главным образом, состоящей из углекислого газа) у его поверхности (в кг/м^3 и плотностях атмосферы Земли), если известно, что ее средняя



Рис. 2: Вид из окна дома астронома-любителя.

температура составляет -50°C , а давление марсианского воздуха – 4.77 мм ртутного столба. Плотность земной атмосферы и молярная масса равны соответственно $\rho_{\oplus} = 1.29 \text{ кг/м}^3$ и $\mu_{\oplus} = 29 \text{ г/моль}$, при температуре $T_{\oplus} = 0^{\circ}\text{C}$ и давлении $p_{\oplus} = 760 \text{ мм. ртутного столба}$. (8 баллов).

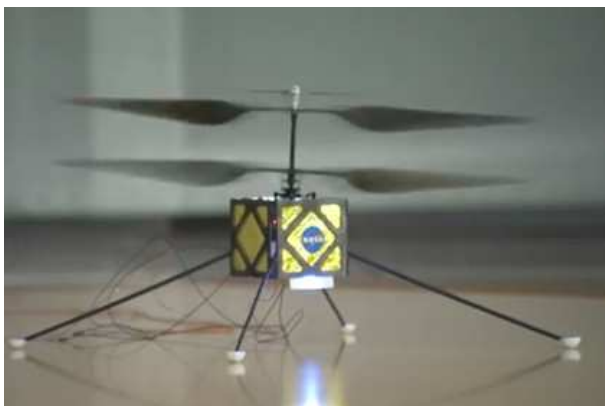


Рис. 3: фото дрона НАСА для исследования Марса.

С использованием имеющихся данных и результатов предыдущей задачи определите минимальную подъемную силу и соответствующую полезную мощность, которые должен иметь дрон для полета в марсианской атмосфере. Ускорение свободного падения у поверхности планеты $g_0 = 3.7 \text{ м/с}^2$. (8 баллов).

Задача № 11. «Минимальное время полной зарядки дрона НАСА»

Условие. С использованием результатов предыдущей задачи, а также рис. 3, определите минимальный промежуток времени Δt_{\min} , необходимый для зарядки аккумуляторов, посредством солнечных батарей (с КПД $\eta_{sb} = 10\%$), которые будут установлены на боковые грани (предполагается, что рабочая поверхность батарей будет равна площади боковой грани) кубического контейнера, если свет от Солнца может падать лишь на две из четырех граней. Данного заряда должно хватить на 10 минут разведывательного полета с мощностью, превышающей минимальную в 1.5 раза. КПД электромеханического привода винта и аккумуляторов дрона составляет $\eta_v = 80\%$. (9 баллов).

Задача № 10. «Дрон НАСА для исследований Марса»

Условие. Сотрудники Лаборатории реактивного движения (НАСА, США) разработали и испытали прототип разведывательного дрона для использования на Марсе (см. рис. 3). По мнению экспертов, применение в дополнение к марсоходам дронов, осуществляющих разведку местности сверху, позволит втрое увеличить расстояние, которое потенциально за марсианский день смогут пройти роверы. В СМИ представлена крайне скудная техническая информация об аппарате. Известно, что данный аппарат является одновинтовым, с диаметром лопастей $D = 1.1 \text{ м}$ и массой $m = 1.5 \text{ кг}$.

С использованием имеющихся данных и результатов предыдущей задачи определите минимальную подъемную силу и соответствующую полезную мощность, которые должен иметь дрон для полета в марсианской атмосфере. Ускорение свободного падения у поверхности планеты $g_0 = 3.7 \text{ м/с}^2$. (8 баллов).

Задача № 12. «Даты весенних равноденствий XXI века»

Условие. Известно, что в 2015 году весеннее равноденствие наступит 20 марта в момент $T_{2015} = 22$ часа 45 минут по всемирному времени. Используя лишь продолжительность тропического года $T_{\text{тр}} = 365.24219$ сут и представления о григорианском календаре, определите даты и время (приблизленно), соответствующие самому позднему и самому раннему наступлению момента весеннего равноденствия в XXI веке. В какое время наступит весеннее равноденствие в 2100 году – последнем году XXI столетия? Сравните полученные результаты с точными расчетными данными профессионалов (самостоятельно используя интернет-источники). Несомненно, Вы обнаружите расхождения в значениях результатов. Каковы основные причины подобных расхождений? (10 баллов).

Уровень «Профи» (уровень С)**Задача № 13. «Определение зависимости плотности и давления атмосферного газа от высоты»**

Условие. С использованием модели идеального газа определите зависимости давления (p) и плотности (ρ) атмосферы планеты-шара (со сферически-симметричным распределением вещества, с массой \mathcal{M} и радиусом \mathcal{R}) от высоты (h) над ее поверхностью, при условии $h \ll \mathcal{R}$. В расчетах следует полагать, что температура T и химический состав атмосферы не зависят от высоты. Доказать, что непосредственно у поверхности планеты искомые зависимости есть линейные функции высоты h . С использованием результатов задач № 9, 10, получите зависимость $\rho(h)$ для Марса на интервале $0 \div 25$ км. (11 баллов).

Задача № 14. «Проект StratoSail для исследования Марса»

Условие. Учеными американской корпорации Global Aerospace Corporation был предложен в 2004 году проект воздушного шара *StratoSail* для исследования атмосферы и поверхности Марса. Система представляет собой

1. баллон из герметичного прочного тонкого материала (с поверхностной плотностью $\sigma = 15$ г/м²), имеющего форму шара и наполненного гелием под давлением, не меньше чем в $\eta = 2$ раза, превосходящим давление атмосферы на высоте, где находится баллон (для гарантированного раскрытия шара при запуске);
2. гондолы с массой $M_g = 250$ кг, содержащей основную часть научного оборудования, подвешенной на гибком тросе;
3. планера – легкого дрона, закрепленного на нижнем конце легкого длинного троса, общая масса которых $M_p = 150$ кг. Дрон предназначен для управления полетом воздушным шаром и должен располагаться на высоте $h_p = 2$ км.

С использованием результатов задач № 9,10,13, определите

- а) максимально возможные массу и радиус баллона, если суммарная масса баллона, гондолы и планера с тросом не должна превышать $M_{\text{max}} = 645$ кг для их успешной доставки на Марс;
- б) высоту, на которой должен находиться баллон в режиме стационарного воздухоплавания в атмосфере красной планеты;
- в) массу гелия, необходимую для заполнения баллона до указанного давления;
- г) длину троса, чтобы планер пребывал на указанной высоте;
- д) массу и диаметр троса (круглого сечения), если последний сделан из стали с массовой плотностью $\rho_{st} = 7900$ кг/м³ и предельным механическим напряжением $\sigma_{\text{br}} = 5$ МПа; трос должен выдерживать перегрузку $\chi = 5$, обусловленную планером и его взаимодействием с ветром ($g_0 = 3.71$ м/с² – ускорение свободного падения у поверхности Марса);
- е) максимально допустимую массу дрона m_d . (12 баллов).

Задача № 15. «Область прямой видимости и объектив камеры StratoSail»

Условие. С использованием условия и результатов предыдущей задачи определите

- а) минимально и максимально возможную дальность прямой видимости с летательного аппарата (ЛА) StratoSail (радиус Марса $R_M = 3396$ км);
- б) минимально и максимально возможную долю (в %) от площади поверхности Марса, которую составляет область прямой видимости с летательного аппарата StratoSail;
- в) максимальный угловой диаметр, под которым будет виден баллон с поверхности Марса; во сколько раз полученное значение отличается от углового диаметра Солнца при наблюдениях с поверхности планеты (при этом $[D_{\odot}^{(\oplus)}]'' = 32'$ – угловой диаметр Солнца для наблюдателя на Земле, $r_M = 1.52$ а.е. – гелиоцентрические расстояние Марса)?
- г) минимальный диаметр объектива зеркальной фотокамеры, необходимого для разрешения объектов поверхности планеты с поперечником $d_{\min} = 3$ см и более;
- д) минимальное оптическое увеличение камеры, чтобы данные объекты можно было рассмотреть через окуляр камеры человеческим глазом? Разрешающую способность глаза принять равной $\beta_y'' = 100''$. (13 баллов).

Задача № 16. «Путешествие на капсуле HyperLoop сквозь центр Земли»

Условие. В 2012 году канадско-американский инженер-изобретатель Элон Маск (основатель компаний SpaceX, Tesla Motors и PayPal) анонсировал проект *Hyperloop* (Гиперпетля) – гипотетический вид высокоскоростного трубопроводного пассажирского транспорта. Представляет собой систему трубопроводов, в которых поддерживается низкое давление (около 1/1000 от атмосферного). По трубопроводам перемещаются капсулы компактных размеров, каждая из которых перевозит до 28 человек. Маск называет свой проект *пятым видом транспорта*. Развивая мысль автора, предположим, что человечеству удалось построить такой трубопровод сквозь центр Земли и запустить капсулу (без начальной скорости) с одной точки ее поверхности к диаметрально противоположной. Определите

- а) максимальную скорость, развиваемую капсулой в процессе движения; точку в теле Земли, в которой она достигается;
- б) максимальное ускорение, приобретаемое капсулой в процессе движения; точку в теле Земли, в которой оно достигается;
- в) минимальное время, затрачиваемое капсулой на преодоление диаметра Земли;
- г) во сколько раз отличается найденное время от величины минимального промежутка времени, отделяющего моменты прохождения над данными точками Земли, искусственного низкоорбитального спутника Земли (ИСЗ)?
- д) Максимальное количество полных рейсов ("туда-обратно"), которые может сделать капсула за одни сутки.

В расчетах следует полагать, что Земля есть однородный шар; аэродинамическим сопротивлением, трением и суточным вращением Земли пренебречь. (13 баллов).

Задача № 17. «Определение ускорения свободного падения для планеты-шара»

Условие. С использованием теоремы Гаусса определите а) напряженность поля тяготения (E) и б) ускорение свободного падения (g) для планеты, являющейся однородным шаром с массой M и радиусом R , как функцию расстояния (r) до ее центра и широты точки наблюдения φ (определяется аналогично географической). В расчетах следует учесть осевое вращение планеты с периодом T . Рассмотрите случай внешней и внутренней точки и представьте итоговые результаты в терминах величин, определенных у поверхности планеты на ее полюсах. Рассмотрите в качестве примера Землю ($g_0 = 9.83$ м/с², $R_{\oplus} = 6371$ км) и постройте график зависимости относительного изменения ускорения свободного падения, определяемого выражением

$$\varepsilon_g(\varphi) = \frac{|g(R_{\oplus}, \pi/2) - g(R_{\oplus}, \varphi)|}{g(R_{\oplus}, \pi/2)} \times 100\%, \quad (1)$$

по отношению к его значению на полюсах. Определите значение ($\varepsilon_g(0)$) относительного изменения ускорения при переходе от полюсов к экватору планеты. ($S_{\max} = 14$ баллов).

Задача № 18. «Закон планетных расстояний Шмидта»

Условие. В 1946 году академик О.Ю. Шмидт с использованием общих принципов небесной механики предложил новую форму закона планетных расстояний (гелиоцентрических расстояний планет), наиболее общий вид которого можно представить так:

$$\sqrt{r_n} = a + b n, \quad (2)$$

здесь a, b – константы, подлежащие определению, n – порядковый номер планеты. Данный набор параметров определялся Шмидтом отдельно для планет земной группы и группы планет-гигантов + Плутон. С использованием метода наименьших квадратов, данных для планетных расстояний, представленных в таблице 2 определите параметры закона (2) для а) планет земной группы, б) планет-гигантов, в) ледяных планет-карликов. Представьте на графиках полученные линейные зависимости и точки, соответствующие планетам. Вычислите абсолютные и относительные ошибки определения гелиоцентрических расстояний планет с помощью законов Шмидта. Попытайтесь дать прогноз относительно вакантных орбит планет-карликов. (15 баллов).

Планеты земн. группы		Планеты-гиганты		Планеты-карлики	
Название	r_P , а.е.	Название	r_P , а.е.	Название	r_P , а.е.
Меркурий	0.387	Юпитер	5.204	Плутон	39.264
Венера	0.723	Сатурн	9.582	Хаумеа	43.218
Земля	1.000	Уран	19.189	Макемаке	45.715
Марс	1.520	Нептун	30.071	Эрида	67.958

Таблица 2: планеты Солнечной системы трех основных групп и соответствующие гелиоцентрические расстояния до планет.