

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 № 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. «Состав Солнечной системы и ее основные представители»

Условие. Представители каких классов астрономических объектов входят в состав Солнечной системы? (1 балл за каждый правильно названный класс).

Задача № 2. «Звезды, созвездия и летний треугольник»

Условие. Назовите имена ярких звезд, составляющих вершины летне-осеннего треугольника. В каких созвездиях они находятся? (3 балла).

Задача № 3. «Фотография кометы C/2014 E2 и ее физическая природа»

Условие. На фотографии (см. рис. 1) представлен образ кометы C/2014 E2 (Jacques), полученный 21 мая 2014 года. Комета видна как туманное пятнышко, с характерным туманным «отростком». Однако, в день открытия (13 марта 2014 года) она выглядела как точечный объект (см. рис. 2). Объясните физическую причину такого «перевоплощения» кометы. Какие основные составляющие в структуре кометы Вы обнаружили на рис. 1? (3 балла).



Рис. 1: комета C/2014 E2 Jacques. Фотография получена Р. Лигастри (Rolando Ligustri) 21 мая 2014 года.

Задача № 4. «О протяженности Самарской области вдоль меридиана и высоте полюса мира»

Условие. Как известно, протяженность Самарской области вдоль меридиана составляет 335 км. Какова географическая широта самой южной точки области, если широта самой северной точки –

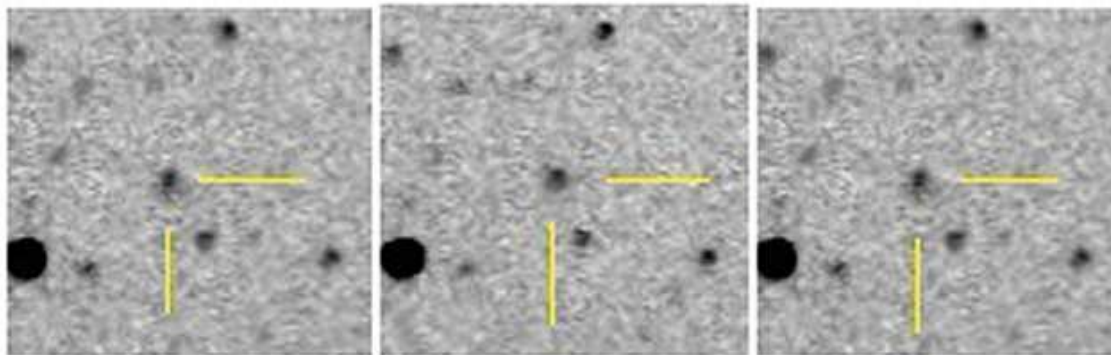


Рис. 2: комета C/2014 E2 Jacques. Фотография получена первооткрывателем – Cristyvaao Jacques, 13 марта 2014 года.

$\varphi_N = 54^\circ 41'$? На сколько будет отличаться высота полюса мира для наблюдателей, находящихся в этих точках? В расчетах следует полагать, что Земля есть шар радиуса $R_\oplus = 6371$ км. (4 балла).

Задача № 5. «Путешественник и магнитный компас»

Условие. Куда прибудет земной путешественник, если он будет двигаться на северо-запад, ориентируясь по магнитной стрелке компаса? (4 балла).

Задача № 6. «Оценка угловых размеров составляющих кометы C/2014 E2»

Условие. С использованием фотографии кометы C/2014 E2 (см. рис. 1) оцените угловые размеры сферической составляющей кометы (туманного пятнышка), и видимой части туманного «отростка», если известно, что фотография охватывает участок неба с размерами $50' \times 50'$. (5 баллов).

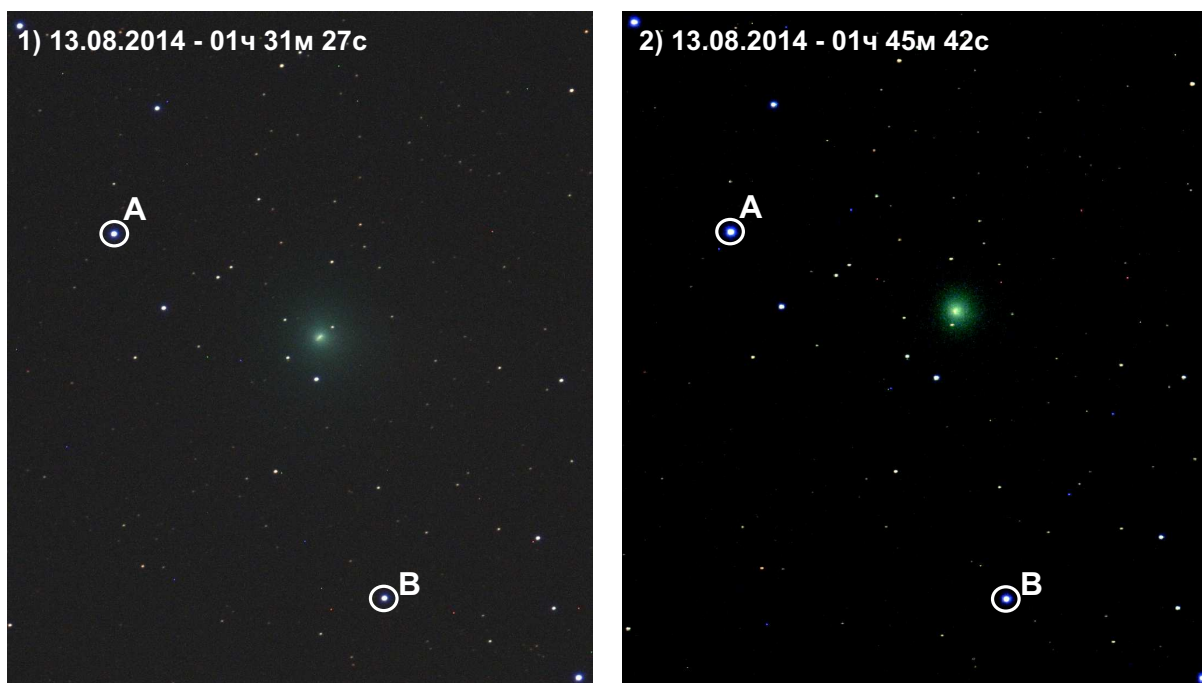


Рис. 3: две фотографии кометы C/2014 E2 (Jacques), сделанные Бахтиновым П.И. в период проведения Самарской областной летней астрономической школы 2014 года.

Уровень «Знарок» (уровень В)

Задача № 7. «Собственное движение кометы C/2014 E2 (Jacques)»

Условие. В период проведения Самарской областной летней астрономической школы 2014 года Бахтиновым П.И. были получены две фотографии кометы C/2014 E2 (Jacques) в два близких момента времени (моменты указаны на фото), представленные на рис. 3. Зная угловое расстояние между звездами А и В (оно составляет $35.6'$), указанными на фотографиях, оцените собственное движение кометы (в град/сут). (6 баллов).



Рис. 4: фасад девятиэтажного дома. Здесь высота здания представлена в миллиметрах.

Задача № 8. «Высота Венеры над горизонтом»

Условие. В один замечательный вечер астроном-любитель (рост которого равен 175 см), проживающий на пятом этаже девятиэтажного дома (см. рис. 4), вышел на балкон полюбоваться закатом. Он обнаружил, что вершину опоры линии электропередачи (схема которой представлена на рис. 5), расположенной в 80 метрах от дома, венчает Венера. Оцените высоту Венеры над горизонтом в момент наблюдений. (7 баллов).

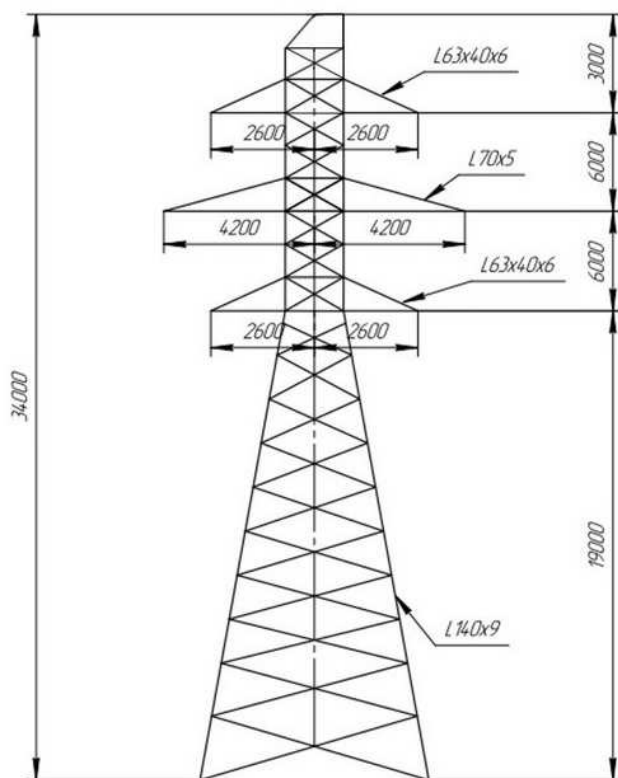


Рис. 5: схема опоры линии электропередачи. Здесь все масштабы представлены в миллиметрах.

Задача № 9. «Двойная нейтронная звезда и минимальный период ее обращения»

Условие. Одним из самых экзотических и пока не обнаруженных на эксперименте объектов является **двойная нейтронная звезда** (ДНЗ) – система из двух нейтронных звезд, связанных гравитационными силами. Предполагается, что именно такие объекты являются основным источником гравитационных волн. Согласно современным теоретическим моделям, максимальная масса нейтронной звезды оценивается величиной $M_{\max}^{(N)} = 3 \cdot M_{\odot}$ (здесь $M_{\odot} = 1.989 \cdot 10^{30}$ кг – масса Солнца), при этом ее радиус равен $R^{(N)} = 10$ км. Определите минимально возможный период обращения вокруг общего центра масс компонент ДНЗ, если их массы одинаковы и равны $M_{\max}^{(N)}$, а радиусы равны $R^{(N)}$. (8 баллов).

Задача № 10. «Гипотеза о смертоносной Немезиде»

Условие. В 1984 году профессор университета Беркли Ричард Мюллер (Richard

Muller) выдвинул необычную гипотезу о существовании у Солнца звезды-спутника, названного «Немезидой» (по имени древнегреческой богини мщения). Данная гипотеза потребовалась изначально для того, чтобы объяснить периодичность явлений массовой гибели практически всего живого на нашей планете, обнаруженную палеонтологами Дэвидом Ропом (David Raup) и Джеком Сепкоским (Jack Sepkoski). Согласно результатам их анализа геологических пластов, отвечающих разным эпохам, охватывающим последние 250 миллионов лет, отчетливо наблюдаются двенадцать событий, отвечающих резкому увеличению смертности живого на Земле. Промежуток времени между этими двумя ближайшими событиями составляет 26 миллионов лет. Роп и Сепкоский заключили, что такие события (включая предполагаемое исчезновение динозавров 65 миллионов лет назад) случались регулярно и могли иметь внеземную причину. Так, Немезида могла наводить гравитационные возмущения в облаке комет Оорта, что порождало ливень комет во внутренней части Солнечной системы и бомбардировку Земли. Последнее приводило к глобальной катастрофе и массовой гибели живого мира. Опираясь на имеющиеся результаты, оцените большую полуось орбиты Немезиды. Оцените дату следующего такого кометного ливня. (8 баллов).

Задача № 11. «Максимальное значение эксцентриситета орбиты Немезиды»

Условие. Опираясь на условие предыдущей задачи и полагая, что система «Солнце-Немезида» является устойчивой (последнее предположение означает, что орбита Немезиды должна целиком лежать внутри сферы Хилла Солнечной системы, радиус которой составляет 1.87 св. года), вычислите максимально допустимое значение эксцентриситета орбиты Немезиды. Вычислите также перигелийное расстояние Немезиды. (9 баллов).

Задача № 12. «Светимость, средняя массовая плотность и блеск Немезиды»

Условие. Наиболее вероятным сценарием существования Немезиды является предположение о том, что это небесное тело есть коричневый карлик с массой не превышающей $0.042 \cdot M_{\odot}$, радиус которого близок к радиусу Юпитера $R_J = 71492$ км и температурой близкой к 2400 К. Оцените а) максимальное значение средней массовой плотности Немезиды, б) ее светимость (в светимостях Солнца), в) ее блеск в афелии и перигелии своей орбиты (опираясь на результаты решений двух предыдущих задач). (10 баллов).

Уровень «Профи» (уровень С)

Задача № 13. «Проект солнечной электростанции "Desertec"»

Условие. В 2009 году рядом европейских государств был предложен проект Desertec – проект по построению крупнейшей в мире системы солнечных электростанций в пустыне Сахаре, стоимостью порядка 400 миллиардов евро. Согласно проекту, полная мощность установок должна составить 100 ГВт (такую же суммарную мощность производят 100 обычных электростанций). Зная светимость Солнца и расстояние до него, коэффициент прозрачности атмосферы для полного потока всего излучения – $\tau = 0.70$, среднее значение КПД солнечных батарей $\eta = 10\%$, оцените суммарную площадь рабочей поверхности солнечных батарей. Какую долю от площади пустыни Сахары ($S_d = 8.6 \cdot 10^6$ км²), она составляет? Какое количество энергии с помощью такого источника энергии можно получить в идеальных условиях 21 марта? 23 сентября? (11 баллов).

Задача № 14. «Площадь части небесной сферы»

Условие. Найти (угловую) площадь (в квадратных градусах) части небесной сферы, заключенной между кругами эклиптики и небесного экватора (12 баллов).

Задача № 15. «Сфера тяготения классической планеты»

Условие. В небесной механике, при описании движения пробного тела T малой массы в гравитационных полях двух массивных тел 1 и 2 (причем $M_1 > M_2$) используется понятие *гравитационной сферы тяготения* – воображаемой поверхности, охватывающей меньшее по массе тело (тело 2), в каждой точке которой выполняется следующее условие: силы притяжения, действующие на пробное тело T со стороны тел 1 и 2 равны между собой по величине. Опираясь на данное определение, найдите явное аналитическое выражение для радиуса сферы тяготения

системы «Солнце-классическая планета». Выполните численный анализ результата на примере 8 классических планет Солнечной системы. (13 баллов).

Задача № 16. «Время жизни Солнца на стадии желтого карлика»

Условие. Согласно, современным представлениям время пребывания Солнца на стадии желтого карлика сегодня составляет 4.57 млрд. лет (при этом Солнце находится на главной последовательности диаграммы Герцшпрунга-Рассела). Общее время жизни Солнца на данной стадии определяется временем горения водорода в его ядре. Полагая, что масса ядра Солнца составляет $\eta_N = 0.1$ от его полной массы, а его светимость останется неизменной в течение всего времени жизни и равной настоящей, оцените оставшееся время жизни Солнца на стадии желтого карлика. (13 баллов).

Задача № 17. «Венера и МКС»

Условие. На рис. 6 представлена стробоскопическая фотография прохождения Международной космической станции (МКС) рядом с Венерой. С использованием этой фотографии, оцените

- а) расстояние до Венеры и ее видимый угловой размер;
- б) видимый размер МКС и расстояние до нее, полагая, что размах солнечных батарей МКС равным 100 м;
- в) высоту МКС над горизонтом (и соответственно, Венеры), полагая что высота орбиты МКС равна 400 км.

(14 баллов).



Рис. 6: стробоскопическая фотография прохождения Международной космической станции (МКС) рядом с Венерой.

Задача № 18. «Постоянная Хаббла и возраст Вселенной»

Условие. В таблице 1 представлены данные измерений расстояний (D) до 20 галактик (или их скоплений) и их лучевых скоростей (V_r). В 1929 году знаменитый американский астроном Эдвин Хаббл по данным наблюдений за цефеидами установил зависимость лучевой скорости галактики (V_r) от расстояния до нее (D). Эта зависимость носит название «закон Хаббла» и имеет вид:

$$V_r = H \cdot D, \quad (1)$$

здесь H – постоянная Хаббла. С использованием формулы (1) и данных таблицы 1

- а) постройте график зависимости лучевой скорости галактики от расстояния D до нее. Найдите H и ошибку ее определения с использованием случайной погрешности среднего арифметического;
- б) оцените Хаббловский возраст Вселенной t_H и его погрешность, пользуясь соотношением вида

$$t_H = \frac{1}{H}. \quad (2)$$

В вычислениях следует использовать следующие размерности величин: $[D] = \text{Мпк}$; $[V] = \text{км/с}$; $[H] = \text{км}/(\text{с} \cdot \text{Мпк})$. Случайная погрешность среднего арифметического определяется выражением:

$$\Delta H = t_n \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(\bar{H} - H_i)^2}{n(n-1)}}. \quad (3)$$

где \bar{H} – среднее арифметическое значение постоянной Хаббла, H_i – i -ое значение постоянной Хаббла, n – количество полученных значений искомой постоянной, $t_n = 2.093$ – коэффициент Стьюдента для $n = 20$. (15 баллов).

№	Галактика (скопление галактик)	$D, \times 10^6$ св. лет	V_r (км/с)	№	Галактика (скопление галактик)	$D, \times 10^6$ св. лет	V_r (км/с)
1	M81	12	127	11	NGC3245	75	1308
2	Sculptor	9	177	12	NGC2768	75	1400
3	M101	25	363	13	NGC4038	70	1502
4	NGC2835	30	547	14	ESO505-3	75	1601
5	Leo I	35	702	15	NGC720	80	1717
6	NGC628	40	792	16	NGC4291	85	1802
7	Virgo I	52	895	17	NGC584	75	1907
8	Dorado	65	1000	18	NGC5962	90	2001
9	NGC3370	65	1099	19	NGC3613	105	2106
10	NGC3338	70	1198	20	M58 (NGC4579)	68	1517

Таблица 1: данные измерений (расстояние – D и лучевая скорость – V_r) для галактик и их скоплений.