

САМАРСКИЙ ДВОРЕЦ ДЕТСКОГО И ЮНОШЕСКОГО ТВОРЧЕСТВА
САМАРСКАЯ ОБЛАСТНАЯ АСТРОНОМИЧЕСКАЯ ШКОЛА



УСЛОВИЯ КОНКУРСНЫХ ЗАДАЧ
ОЛИМПИАДЫ ПО АСТРОНОМИИ SAMRAS-2014
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, 2014 г.

Уровень «Новичок» (уровень А)

Задача № 1. «Метеор потока Персеиды»

Условие. В ночь с 12 на 13 августа 2013 года на обсерватории ДООЦ «Жигули» Бахтиновым П.И. при участии Гришина К.А. была получена фотография (см. рис. 1) одного из многочисленных метеоров потока Персеиды. Объясните физическую причину данного явления. Можно ли данное явление наблюдать на Луне? (3 балла).



Рис. 1.

Задача № 2. «Палитра цветов метеора и радиант потока Персеиды»

Условие. Как известно, явление метеора сопровождается образованием светящейся полоски – *трека*. Используя цветную фотографию метеора из потока Персеиды, укажите на (распечатанной) копии данной фотографии а) начало и конец трека (т.е. направление распространения вспышки), б) направление (приблизительно) на радиант данного потока. Как можно объяснить различие в цвете разных частей трека? (3 балла).

Задача № 3. «"Пробуждение" межпланетного КА "Rosetta"»

Условие. Космический межпланетный аппарат (зонд) Rosetta с 2004 года летит к комете 67Р/Чурюмова-Герасименко. В целях экономии энергии и сохранности оборудования, аппарат был почти полностью выключен 8 июня 2011 года. 20 января 2014 года зонд самостоятельно запустил процедуру пробуждения, включил передатчик и вышел на связь с Землей. При этом расстояние до зонда составляло 670 млн. км. Определите какое полное количество суток (без учета дат включения и выключения КА) аппарат был в *состоянии гибернации* (спячки)? Сколько времени (в часах, минутах и секундах) шел сигнал от аппарата до наземной станции дальней космической связи. (3 балла).

Задача № 4. «О протяженности г. Самара вдоль меридиана»

Условие. Как известно, протяженность г. Самара вдоль меридиана составляет 50 км. На сколько отличается географические широты самой северной и самой южной точки города? На сколько будет отличаться высота Солнца в верхней кульминации для наблюдателей в этих точках? В расчетах следует полагать, что Земля есть шар радиуса $R_{\oplus} = 6371$ км. (4 балла).

Задача № 5. «Площадь территории г. Самара»

Условие. Как известно, площадь территории г. Самара составляет 541 км^2 . Полагая, что Земля есть шар радиуса $R_{\oplus} = 6371 \text{ км}$, оцените долю, которую составляет указанная площадь от а) площади поверхности всей Земли и б) площади суши, если последняя составляет 29.2% от площади всей поверхности Земли. (4 балла).

Задача № 6. «"Черная звезда" Мичелла»

Условие. Концепция массивного тела, гравитационное притяжение которого настолько велико, что скорость, необходимая для преодоления этого притяжения (вторая космическая скорость), равна или превышает скорость света, впервые была высказана в 1784 году Дж. Мичеллом в письме, которое он послал в Королевское общество. Письмо содержало расчет, из которого следовало, что для тела с радиусом в 500 солнечных радиусов и с плотностью Солнца вторая космическая скорость на его поверхности будет равна скорости света. Свет не сможет покинуть это тело, и оно будет невидимым. Определите массу "Черной звезды" Мичелла в единицах массы Солнца и в кг. (5 баллов).

Уровень «Знаток» (уровень В)**Задача № 7. «Вид Солнца в окрестности Плутона»**

Условие. Как известно, период обращения Плутона вокруг Солнца равен 246 годам. Сможет ли космонавт будущего, находящийся в окрестности данной планеты невооруженным глазом увидеть Солнце? Увидеть как неточечный объект? Если не сможет, то каково должно быть минимальное увеличение телескопа, который необходим космонавту, чтобы увидеть Солнце как неточечный объект? Разрешающую способность и проникающую силу человеческого глаза полагать равными $1'$ и 6^m соответственно. (6 баллов).

Задача № 8. «Гипотеза об источнике энергии Солнца и ее несостоятельность»

Условие. До конца XIX в. некоторые ученые полагали, что источником энергии Солнца являются химические реакции горения, в частности горение угля. Полагая, что теплота горения угля $q = 10^7 \text{ Дж/кг}$, масса Солнца $M_{\odot} = 2 \cdot 10^{30} \text{ кг}$, а его светимость $L_{\odot} = 3.8 \cdot 10^{26} \text{ Вт}$, докажите строго математически несостоятельность данной гипотезы. (7 баллов).

Задача № 9. «Свойства нейтрона, радиус и плотность нейтронной звезды»

Условие. Как известно, размер нейтрона составляет 10^{-15} м , а его масса $1.7 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$. Используя эти данные, оцените радиус и плотность нейтронной звезды с массой $M_* = 2M_{\odot}$, где $M_{\odot} = 2 \cdot 10^{30} \text{ кг}$ – масса Солнца. (8 баллов).

Задача № 10. «Наблюдения Эратосфена и определение длины земного меридиана»

Условие. В III в. до н.э. греческий ученый Эратосфен знал, что в день летнего солнцестояния Солнце над г. Сиена бывает так высоко, что его лучи достигают дна самого глубокого колодца этого города. В это же время в г. Александрия, расположенном примерно на том же меридиане, Солнце было на высоте $h_2 = 82.8^\circ$. Эратосфен определил расстояние между Сиеной и Александрией. Для этого он учел, что караван верблюдов обычно проходил около 100 греческих стадий в сутки (в те времена люди передвигались на верблюдах). Путешествие каравана из Сиены в Александрию занимало 50 дней. Опираясь на указанные данные и учитывая, что одна стадия равна 157 метрам, определите длину дуги (окружности) земного меридиана в стадиях и километрах. Сравните полученный результат с современным значением и определите относительную погрешность результата Эратосфена. (8 баллов).

Задача № 11. «О двух астероидах и элонгации»

Условие. Два астероида А и В имеют одинаковый синодический период, равный 420 суток (при наблюдении с Земли). Известно, что большая полуось астероида А меньше большой полуоси астероида В. Найти максимальную элонгацию астероида А при наблюдении с астероида В. Орбиты астероидов считать круговыми. (9 баллов).

Задача № 12. «Размеры и плотность самой легкой "обнаруженной" черной дыры»

Условие. В 2003 году внимание астрономов привлекла двойная система IGR J17091, находящаяся в созвездии Скорпиона, – они зафиксировали здесь яркую рентгеновскую вспышку. Последующие исследования этой системы показали, что она состоит из "нормальной" звезды и черной дыры, которая постепенно "перетягивает" на себя газ с компаньона. Используя космический телескоп RXTE (Rossi X-ray Timing Explorer), они смогли измерить частоту рентгеновских импульсов от черной дыры и вычислить ее массу, которая оказалась близкой к минимально возможной массе черной дыры ($M_{BH} = 3M_{\odot}$), образующейся на финальной стадии эволюции звезды. Эта черная дыра имеет минимальную массу, среди всех черных дыр, обнаруженных косвенными методами на данный момент. Определите радиус этой черной дыры (радиус Шварцшильда) и ее среднюю массовую плотность. Как зависит последний параметр от массы M_{BH} ? (10 баллов).

Уровень «Профи» (уровень С)**Задача № 13. «Фотография группы солнечных пятен»**

Условие. В период с 8 по 14 августа 2013 года на обсерватории ДООЦ «Жигули» Бахтиновым П.И. при участии Гришина К.А. были проведены наблюдения Солнца, в частности, была получена фотография (см. рис. 5) группы солнечных пятен. Используя данную фотографию и данные о Солнце, оцените линейный и угловой диаметр (для земного наблюдателя) тени и полутени самого большого солнечного пятна. (11 баллов).



Рис. 2.

Задача № 14. «Коррекция орбиты АМС и ее орбитальный период»

Условие. Автоматическая межпланетная станция (АМС) обращается вокруг Солнца по круговой орбите. В результате коррекции орбиты (для избежания столкновения с астероидом), орбитальный (сидерический) период АМС T увеличился на малую величину ΔT , (причем $\Delta T \ll T$, орбита осталась круговой), при этом синодический период АМС изменился на ту же величину.

ну ΔT . Найти орбитальный период T обращения АМС. Большая полуось орбиты АМС больше большой полуоси Земли, направления обращения Земли и АМС совпадают. (12 баллов).

Задача № 15. «Минимальная масса реликтовой квантовой черной дыры»

Условие. Согласно современной теории эволюции ранней Вселенной, в первые моменты после Большого взрыва последняя представляла собой "кипящий суп из пространства, времени и реликтовых черных дыр". Последние должны были возникнуть непосредственно при образовании Вселенной из-за флуктуаций плотности. Исследования физиков-теоретиков показывают, что размеры такой реликтовой черной дыры не могут быть меньше некоторого предельного значения – *планковской длины* (L_P) – фундаментальной единицы длины, определяющей минимально возможное расстояние, на котором понятия пространства и длины еще существуют. Опираясь на приведенные прогнозы, с использованием явного вида для L_P (следует самостоятельно найти явное выражение для данного параметра в литературе), оцените минимальную массу и соответствующую массовую плотность реликтовой квантовой черной дыры. (13 баллов).

Задача № 16. «Открытие Э. Хаббла и возраст Вселенной»

Условие. В 1929 году американским астрофизиком Э. Хабблом было открыто явление *разбегания галактик* (расширение Вселенной) и установлен одноименный закон – *закон Хаббла*, ключевым параметром в котором является постоянная Хаббла ($H = 67.80$ км/(с · Мпк)). Предполагая, что теория Большого взрыва верна и что расширение Вселенной все время ее существования происходило с постоянной скоростью, оцените ее время жизни. (13 баллов).

Задача № 17. «Российские ученые-полярники и феномен НЛО»

Условие. Российские ученые-полярники, возвращаясь из экспедиции по Северному ледовитому океану, наблюдали феномен НЛО. По словам очевидцев этот объект представлял собой яркий светящийся шар, который внезапно появился из под толщи арктического льда (с плотностью $\rho_{\text{ice}} = 920$ кг/м³) толщиной 3 (м) и стал подниматься вертикально вверх с постоянной скоростью. Спустя 2 мин после появления он внезапно исчез. Полярники с помощью угломерного инструмента смогли определить скорость изменения его высоты вблизи горизонта – $v_h = 2$ град/с. Позже они смогли определить расстояние от своего корабля до места взлета НЛО, $r = 500$ м. На месте взлета аппарата была обнаружена полынья диаметром $D = 10$ м с оплавленными стенками. Оцените а) линейную скорость подъема НЛО, б) его линейную и угловую высоту точки исчезновения, в) его угловой диаметр в точке исчезновения, сравните полученный результат с соответствующим значением для Солнца ($32'$); г) минимальную мощность теплового излучения НЛО. Сравните последний результат с мощностью, вырабатываемой самой мощной атомной электростанцией в мире, сделайте вывод. Следует отметить, что аппарат не испытывал никаких затруднений при прохождении толщи льда (удельная теплота плавления водяного льда $\lambda = 334$ кДж/кг). (14 баллов).

Задача № 18. «Проект "Радиоастрон" и наблюдение сверхмассивной черной дыры»

Условие. 18 июля 2011 года стартовал международный космический проект *Радиоастрон* с ведущим российским участием, нацеленный на проведение фундаментальных астрофизических исследований в радиодиапазоне с помощью космического радиотелескопа «Спектр-Р» (см. рис. 3). Последний представляет собой космический аппарат-радиотелескоп, оснащенный приемной параболической антенной диаметром 10 метров, работающей в диапазоне длин волн $1.2 \div 96$ см, движущийся по геоцентрической орбите с большой полуосью $a = 1.89 \cdot 10^5$ км и эксцентриситетом $\varepsilon = 0.94$. Он является крупнейшим в мире космическим телескопом и образует вместе с наземными радиотелескопами *наземно-космический радиоинтерферометр со сверхдлинной базой*. Такой режим работы позволяет достичь сверхвысокой разрешающей способности, которая определяется расстоянием между телескопами, а не размером антенн. Одной из главных целей проекта является изучение релятивистских струй, а также непосредственных окрестностей сверхмассивных черных дыр в галактиках. Определите для данного телескопа минимальную и максимальную разрешающую способность. Сможет ли в принципе, данный телескоп разрешить (т.е. увидеть как протяженный объект) окрестности сверхмассивной черной дыры галактики М31 (Туманность Андромеды), масса которой $(1.1 \div 2.3) \cdot 10^8 M_\odot$. Расстояние до центра галактики

$(7.72 \pm 0.44) \cdot 10^5$ пк. (15 баллов).



Рис. 3.