



**XIX Санкт-Петербургская  
астрономическая олимпиада  
теоретический тур**

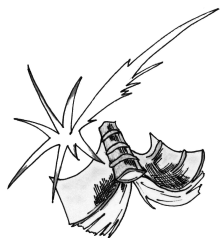
**2012  
10  
марта**

---

*10 класс*

---

1. Первый открытый белый карлик (достаточно яркий объект с звездной величиной  $+8^m.4$ ) был обнаружен только в 1862 году (кстати, почти точно 150 лет назад). Однако затем он в течение нескольких десятков лет не наблюдался, и доказать, что это действительно белый карлик, удалось только в 1915 году. Почему так произошло?
2. Обсерватория «Спектр-Р» находится на орбите с большой полуосью 200 тыс. км и расстоянием в апогее 350 тыс. км. Направление параболической антенны, обеспечивающей связь аппарата с наземным центром управления при прохождении перигея орбиты, необходимо корректировать раз в 3 минуты. Передача данных антенной ведется на частоте 15 ГГц. Оцените диаметр этой антенны.
3. Один рассеянный петербургский астроном-любитель, строивший самодельный телескоп, как-то забыл на подоконнике линзу для будущего объектива. В один прекрасный день он обнаружил, что в ковре, лежащем на полу, прожжена дыра. Известно, что фокусное расстояние линзы равнялось 1 м, подоконник находился на высоте 80 см от пола. Определите примерную дату порчи ковра.
4. Обозначим  $B$  видимую звездную величину звезды в полосе  $B$  (синей части оптического диапазона), а  $V$  — видимую звездную величину в полосе  $V$  (желто-зеленой части диапазона). Поглощение межзвездной средой в полосе  $V$  определяется формулой  $A_V = 3 \cdot E_{B-V}$ . Избыток цвета  $E_{B-V}$  определяется как разность наблюдаемого показателя цвета  $(B - V)$  и истинного  $(B - V)_0$ , т.е.  $E_{B-V} = (B - V) - (B - V)_0$ .  
Астроном наблюдает звезду, светящую через облако межзвездной среды. Из наблюдений было получено, что  $V = 1^m.8$ , а годичный параллакс звезды составил  $\pi = 0''.02$ . Известно, что для данного типа звезд истинный показатель цвета  $(B - V)_0 = -0^m.3$ , однако его измеренное значение оказалось равным  $(B - V) = 0^m.5$ . Найдите истинную  $(M_V)_0$  и абсолютную болометрическую звездную величину  $M_{\text{bol}}$ , если известно, что для этого типа звезд болометрическая поправка  $BC = -2^m.8$ . Оцените спектральный класс звезды.
5. При обработке наблюдений проектируемой космической обсерватории “Gaia”, которая будет определять координаты звезд на небесной сфере с погрешностью около  $10^{-5}$  угловой секунды, необходимо учитывать отклонение света, приходящего от звезд, в гравитационном поле, создаваемом объектами Солнечной системы. Определите, отклонение света какими объектами необходимо учитывать, если известно, что луч света, проходящий непосредственно у поверхности Солнца, отклоняется при этом на  $1''.75$ .



XX Санкт-Петербургская  
астрономическая олимпиада  
теоретический тур

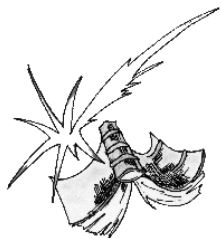
2013  
16  
февраля

---

*10 класс*

---

1. На поверхности Луны в центре видимого с Земли диска Луны находится передающая антенна лунной станции, работающая на частоте 200 МГц. Оцените максимально возможный сдвиг частоты сигнала, принимаемого на Земле. Эксцентриситет орбиты Луны составляет 0.05.
2. В шаровом звездном скоплении практически отсутствуют звезды более ранних спектральных классов, чем G2, причем большинство звезд класса G2 имеет видимую звездную величину  $+20^m$ . Оцените возраст скопления и расстояние до него.
3. В центральной части шарообразной эллиптической галактики вокруг ее центра обращаются две звезды. Орбиты обеих звезд круговые, лежат в одной плоскости, направления вращения совпадают, радиус орбиты первой звезды составляет 100 пк, а второй — 50 пк. Найдите синодический период этих двух звезд (т.е. период между повторением одинакового взаимного расположения двух звезд и центра галактики), если известно, что в центральной части галактики все звезды расположены примерно однородно, концентрация звезд составляет около  $10^4 \mathcal{M}_{\odot}/\text{пк}^3$ .
4. Оцените температуру поверхности Седны во время прохождения ею афелия орбиты, если известно, что большая полуось орбиты Седны составляет 540 а.е., а эксцентриситет орбиты равен 0.86.
5. Как известно, 21 декабря 2012 года мы пережили очередной «конец света», и пора начинать готовиться к следующему. Известно, что т.н. «длинный цикл» календаря Майя составляет 1872000 суток. Найдите дату следующего «конца света» (в предположении, что используемый нами сейчас календарь за это время не изменится).



**XXI Санкт-Петербургская  
астрономическая олимпиада  
теоретический тур**

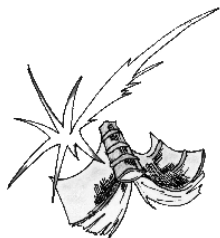
**2014  
15  
февраля**

---

*10 класс*

---

1. Автоматическая межпланетная станция массой 3 тонны обращается вокруг Солнца по орбите с большой полуосью 2 а.е. и эксцентриситетом 0.4. В афелии орбиты в результате кратковременного включения двигателей станции был передан добавочный импульс в том же направлении, в котором станция двигалась в этот момент. Через пять месяцев после этого события станция находилась на том же расстоянии от Солнца, что и в момент включения двигателей. Найдите добавочный импульс, который был передан станции.
2. Оцените максимально возможное падение блеска (в звездных величинах) при прохождении внесолнечной планеты по диску звезды, около которой она обращается. Считать, что звезда похожа на Солнце.
3. В результате столкновения двух звезд главной последовательности, каждая из которых имела массу, равную 2 массам Солнца, образовалась звезда (также главной последовательности). Как оказалось, светимость получившейся звезды в точности равнялась суммарной светимости двух столкнувшихся звезд. Найдите массу образовавшейся звезды.
4. Оцените, на сколько звездных величин отличается максимально и минимально возможный блеск Меркурия, находящегося в максимальной элонгации. Эксцентриситет орбиты Меркурия равен 0.2, большая полуось орбиты — 0.4 а.е.
5. На западном побережье Африки не очень далеко друг от друга находятся два города: Либревиль (географические координаты  $0^{\circ}24'$  с.ш. и  $9^{\circ}28'$  в.д.) и Бата ( $1^{\circ}51'$  с.ш. и  $9^{\circ}45'$  в.д.). В какие примерно дни года заход Солнца в них происходит одновременно?



XXII Санкт-Петербургская  
астрономическая олимпиада  
теоретический тур

2015  
28  
февраля

---

*10 класс*

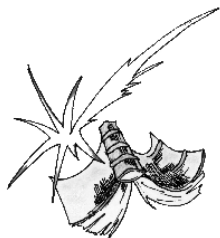
---

1. Отношение масс Плутона и Харона равно 8.6. Харон обращается вокруг Плутона за 6.4 земных суток. Масса Плутона равна  $13 \cdot 10^{21}$  кг. Докажите, что система Плутон–Харон является «двойной планетой» (т.е. центр масс системы находится снаружи как Харона, так и Плутона).
2. При спектральных наблюдениях Солнца была зарегистрирована линия некоторого элемента с длиной волны 525 нм. Каким способом можно выяснить, возникла эта линия в солнечной атмосфере или появилась в результате прохождения солнечного света через атмосферу Земли?
3. Как-то ночью любитель астрономии наблюдал, как геостационарный спутник прошел прямо через центр диска Луны. На каких широтах Земли возможно такое наблюдение?
4. В центре Валинора находилась Лаурелин, одно из Древ Валар, освещавших Бессмертные Земли. Известно, что свет от ее кроны по яркости был сравним с солнечным у корней дерева, а границы Валинора находились там, куда проникал свет Лаурелин и где его яркость была не меньше, чем у полной Луны.

Древо начало расти из маленького саженца в начале времен, причем каждый год его высота увеличивалась на 1 метр. Найдите зависимость радиуса Валинора от времени. Можно считать, что Валинор располагался на планете, радиус которой совпадает с радиусом Земли.

5. При исследовании звезды, похожей на Солнце, оказалось, что она является переменной. Для объяснения этого были выдвинуты две гипотезы:  
А) переменность связана с пятном на поверхности вращающейся звезды (температура пятна равна температуре обычных солнечных пятен);  
В) переменность вызвана изотермическим расширением и сжатием звезды.

Оцените, на сколько процентов могут отличаться максимально и минимально возможные радиусы звезды в рамках второй гипотезы, если известно, что первая гипотеза также количественно согласуется с данными наблюдений.



XXIII Санкт-Петербургская  
астрономическая олимпиада  
теоретический тур

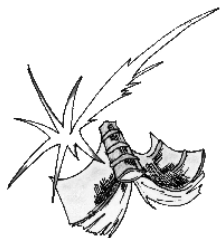
2016  
14  
февраля

---

*10 класс*

---

1. Средняя плотность Сатурна составляет  $0.69 \text{ г/см}^3$ . Его форма — сплюснутый эллипсоид вращения, причем отношение экваториального радиуса к полярному составляет 1.11. Чему равнялась бы плотность Сатурна, если бы он стал шаром с радиусом, равным полярному радиусу обычного Сатурна?
2. При обработке полученного из наблюдений в красной части видимого диапазона спектра звезды Альферац ( $\alpha = 0^h 08^m$ ,  $\delta = +29^\circ$ ) была допущена ошибка. Наблюдения проводились 25 июня, однако при обработке данные перепутали и посчитали, что наблюдения были выполнены 20 декабря. Определите, какую поправку нужно внести в результаты обработки спектра, чтобы исправить ошибку, и оцените (количественно) величину вносимых изменений.
3. Вспомните какое-нибудь изображение Сатурна и оцените долю поверхности планеты, с которой не видны ее кольца.
4. В сказке Льюиса Кэролла у Алисы, попавшей в Страну чудес, постоянно менялся рост. Оцените, во сколько раз изменялось количество звезд, которые Алиса могла наблюдать невооруженным глазом, если ее рост менялся от 5 см до 5 м.
5. Орбитальный период двойной звезды, в которой происходит перетекание вещества с одного компонента системы на другой, составляет 2.5 суток, причем известно, что за последние 100 лет этот период увеличился на 20 секунд. Массы компонентов составляют 3 и 5 масс Солнца. Оцените темп аккреции в системе — массу вещества, перетекающую с одного компонента за другой, за год. Какой из компонентов отдает вещество, а какой — получает?



XXIV Санкт-Петербургская  
астрономическая олимпиада  
теоретический тур

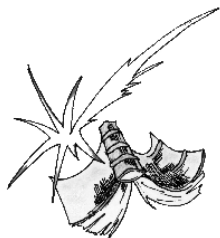
2017  
5  
февраля

---

10 класс

---

1. Оцените, во сколько раз светимость Земли больше суммарной светимости всех людей на планете.
2. Астероид наблюдался в Петербурге 23.12.2015 в истинную солнечную полночь в верхней кульминации на высоте  $53^\circ$ . 23.12.2016 он наблюдался в верхней кульминации уже через 6 часов после полуночи на высоте  $30^\circ$ . Определите параметры орбиты астероида, считая его орбиту круговой.
3. Сверхновая Тихо Браге появилась на небе 6 ноября 1572 года и имела в максимуме блеск, равный  $-4^m$ . Сверхновая Кеплера появилась на небе 9 октября 1604 года и имела в максимуме блеск  $-2^m.5$ . Считая, что в максимуме блеска обе сверхновые имели абсолютную звездную величину, равную  $-19^m.5$ , определите, вспышка какой из Сверхновых произошла раньше и насколько.
4. Для изменения орбиты опасного астероида диаметром 300 м предлагается ударить по нему тяжелой твердой болванкой массой 300 кг, двигающейся со скоростью 10 км/с относительно астероида. Известно, что большая полуось орбиты астероида равна 1 а.е., а ее эксцентриситет не превосходит 0.25. Оцените, в каких пределах может измениться большая полуось орбиты этого астероида вследствие такого столкновения.
5. Для объяснения аномального отрицательного ускорения АМС «Пионер-10» предполагалось существование вещества, при движении в котором АМС замедляется из-за столкновения с его частицами. Допустим, что вещество сферически-симметрично заполняет пространство вокруг Солнца с постоянной плотностью. Оцените плотность вещества, если известно, что полное аномальное ускорение, обусловленное столкновениями и гравитационным притяжением АМС веществом, на расстоянии 100 а.е. от Солнца равно  $10^{-9}$  м/с<sup>2</sup>. АМС удаляется от Солнца с параболической скоростью, масса станции равна 200 кг, площадь поперечного сечения станции равна 1 м<sup>2</sup>. Можно считать, что столкновения АМС с частицами абсолютно упругие.



XXV Санкт-Петербургская  
астрономическая олимпиада  
теоретический тур

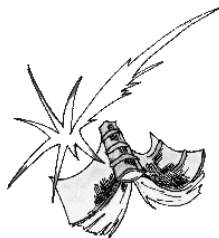
2018  
4  
февраля

---

10 класс

---

1. Согласно «Сильмариллиону», движущиеся вокруг Арды Луна (*Итиль*) и Солнце (*Анор*) были созданы для освещения земель после гибели Древ Валар. Предположим, что Итиль и Анор движутся по круговым орбитам почти одинаковых радиусов, причем радиус орбит в несколько раз превышает радиус Арды. Известно, что угловые диаметры Итиль и Анора равны  $0.5^\circ$ , видимая звездная величина Анора в зените совпадает с солнечной. Определите видимую звездную величину Итиль в «полнолуние», считая, что Итиль отражает 40% падающего на ее поверхность света Анора.
2. Двойная звезда с обращающимися по круговой орбите компонентами равных масс наблюдается на телескопе с диаметром 50 см. Известно, что каждый компонент имеет предельную для данного телескопа видимую звездную величину при наблюдении глазом, а угловое расстояние между звездами совпадает с разрешающей способностью телескопа. Обе звезды являются звездами главной последовательности. Каков период обращения данных звезд, если расстояние до них равно 1000 пк?
3. По-словенски Млечный Путь называется «Римской дорогой» (*Rimska cesta*). Если все дороги ведут в Рим, то уж Римская точно должна. Верно ли это для жителя Любляны, наблюдающего проходящий через зенит Млечный Путь? Найдите угол между направлением на Рим и направлением, задаваемым «Римской дорогой». Координаты столицы Словении Любляны:  $46^\circ$  с.ш.,  $14^\circ 30'$  в.д., координаты Рима:  $42^\circ$  с.ш.,  $12^\circ 30'$  в.д. Считайте что координаты северного полюса Галактики  $\alpha = 12^h 50^m$  и  $\delta = +27^\circ$ .
4. В галактике на расстоянии 44 Мпк наблюдается мазерный радиоисточник (излучающий на фиксированной длине волны),двигающийся вблизи центральной черной дыры. Орбита источника перпендикулярна картинной плоскости, а большая ось лежит в картинной плоскости. Угловые размеры орбиты источника составляют  $0''.0005$ , относительное смещение спектральных линий для наблюдаемой звезды относительно лабораторной длины волны составляет от 0.008 до 0.011. Определите массу центральной черной дыры. Собственным вращением звезды пренебречь.
5. Оцените среднюю поверхностную плотность протопланетного диска, из которого была образована наша Солнечная система, если по современным представлениям отношение пылевой компоненты в диске составляет 1% от газовой компоненты, а пояс Койпера образовался на его краю.



**XXVI Санкт-Петербургская  
астрономическая олимпиада  
теоретический тур**

**2019  
3  
февраля**

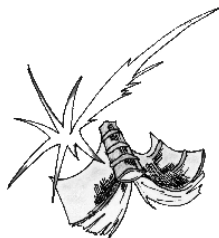
---

*10 класс*

---

1. В момент каждого противостояния астероида земной наблюдатель измеряет его видимую звездную величину. Период обращения астероида равен 3.9 года. Оцените эксцентриситет его орбиты, если амплитуда изменения видимой звездной величины составляет  $2.5^m$ . Орбиту Земли считаем круговой.
2. В 2013 году АМС Voyager 1 записала «звуки космоса» — магнитозвуковые волны в плазме, частота которых оказалась равной примерно 2–3 кГц. Считая, что с такой же частотой менялось давление газа в окрестности АМС, оцените наименьшие возможные характерные размеры областей повышенной плотности в газе, в котором находилась станция.
3. Докажите, что проекция траектории движения Луны относительно Солнца на плоскость эклиптики не имеет самопересечений и везде выпукла наружу.
4. Звездолет подлетел к звезде главной последовательности и вышел на круговую орбиту с радиусом 0.5 а.е. и периодом обращения 0.25 года. На звездолете установлена ловушка для вещества, собирающая частицы звездного ветра с площади  $1 \text{ м}^2$  и запаасающая их кинетическую энергию. Также звездолет с помощью солнечных батарей площади  $2 \text{ м}^2$  запасает энергию излучения звезды с эффективностью 30%. Известно, что звезда ежегодно теряет  $10^{-14}$  собственной массы в виде звездного ветра, движущегося со скоростью около  $4 \cdot 10^2 \text{ км/с}$ . Во сколько раз запасаемая энергия излучения превосходит запасаемую энергию частиц звездного ветра?
5. Любитель астрономии без телескопа видит на небе две ярких звезды. Прикидывая угловое расстояние между ними, он обнаружил, что между этими двумя звездами не могут поместиться четыре сжатых пальца одной вытянутой руки. Кроме этого, известно, что первая звезда имеет модуль эклиптической широты, равный  $10^\circ$ , а азимут захода второй звезды в Петербурге составляет  $160^\circ$ . Какая из этих звезд ярче? Рефракцией пренебречь.





**XXVII Санкт-Петербургская  
астрономическая олимпиада  
теоретический тур**

**2020  
2  
февраля**

---

*10 класс*

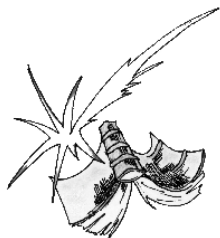
---

1. Звезда R Андромеды — пульсирующая звезда, меняющая свой блеск с периодом 409 суток. Ее можно увидеть невооруженным глазом только в максимуме блеска, в минимуме блеска ее видимая звездная величина равна  $16^m$ , при этом в один из этих моментов звезда имеет радиус, равный  $5 \cdot 10^2$  радиуса Солнца. Считая, что во время пульсаций температура звезды не меняется, оцените среднюю скорость движения оболочки звезды.
2. Кислородная атмосфера Реи содержит  $(2.5 \pm 0.5) \times 10^{29}$  молекул. Оцените давление этой атмосферы у поверхности Реи, если радиус Реи равен 764 км, а ее средняя плотность равна  $1.24 \text{ г/см}^3$ .
3. Известно, что за последние 20 лет моменты прохождения Землей перигелия своей орбиты менялись в пределах от 4 часов 2 января до 11 часов 5 января (по московскому времени). А в каком примерно году в последний раз это событие могло случиться в новогоднюю полночь по тому же времени? Период вращения линии апсид орбиты Земли составляет около 112 тыс. лет.
4. Абсолютной звездной величиной объекта Солнечной системы называется видимая величина, которую имел бы объект, если бы он находился на расстоянии 1 а.е. и от Солнца, и от наблюдателя и имел полную фазу. Предположим, что в некоторый момент шарообразный астероид оказался на расстоянии 1 а.е. от Солнца и от Земли. На сколько звездных величин будут отличаться его видимая и абсолютная звездные величины? Считайте, что блеск астероида прямо пропорционален площади освещенной части диска.
5. На поверхности Луны находится модуль, готовый ко взлету для стыковки с основным кораблем на круговой орбите (запас топлива ограничен). На горизонте появился главный корабль. Через какое время необходимо лунному модулю стартовать, в каком направлении и с какой скоростью, чтобы добраться до главного корабля и состыковаться с ним, потратив как можно меньше топлива? Все импульсы считать мгновенными. Высота орбиты основного корабля над поверхностью Луны равна 70 км.

---

Решения задачи и результаты тура будут опубликованы на сайте

<http://school.astro.spbu.ru>



**XXVIII Санкт-Петербургская  
астрономическая олимпиада  
теоретический тур**

**2021  
31  
января**

---

*10 класс*

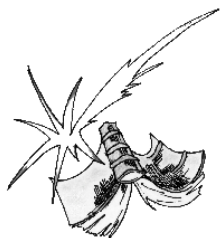
---

1. Капелла — тесная двойная звезда, состоящая из почти одинаковых компонент. Впервые уверенно разрешить её компоненты без использования интерферометра удалось только при наблюдениях на телескопе Хаббла в ультрафиолетовом диапазоне на длине волны  $3000 \text{ \AA}$ . Оцените угловое расстояние между компонентами. Диаметр зеркала телескопа Хаббла равен 2.4 метра.
2. Астероид радиусом 50 метров в некоторый момент времени находился на расстоянии 0.866 а.е. от Солнца и при наблюдении с Земли угол между астероидом и Солнцем составлял  $60^\circ$ . Оцените видимую звездную величину астероида в этот момент. Возможно ли наблюдать его в телескоп с диаметром объектива 50 см? Оптические свойства поверхности астероида такие же, как у Луны.
3. Двойная система состоит из звезды с максимальным радиусом 0.10 а.е. и белого карлика, находящегося на расстоянии 0.14 а.е. от центра основного компонента. Масса белого карлика равна массе Солнца, с основного компонента на карлик идет аккреция вещества с небольшой скоростью. Оцените среднюю плотность основного компонента системы.
4. При наблюдениях двойной системы, состоящей из нейтронной звезды массой 1.4 массы Солнца и звезды главной последовательности, были обнаружены рентгеновские пульсации со средним периодом 1 секунда, отклоняющиеся от него максимум на  $10^{-4}$  секунды. При этом спектральные наблюдения в оптическом диапазоне показали, что линия  $H_\alpha$  также периодически меняет длину волны, отклоняясь от среднего значения максимум на  $0.5 \text{ \AA}$ . Оцените светимость такой системы в оптическом диапазоне.
5. Звезда Гиаусар ( $\lambda$  Дракона) имеет координаты  $\delta = 69^\circ 20'$  и  $\alpha = 11^h 31^m$ . Ее видимая звездная величина без атмосферы равна  $3^m.8$ . Как зависит видимая звездная величина звезды от часового угла при наблюдениях в Мурманске? Широта города  $\varphi = 68^\circ 58'$ .

---

Решения задач и результаты тура будут размещены на сайте

<http://school.astro.spbu.ru>



**XXIX Санкт-Петербургская  
астрономическая олимпиада**  
теоретический тур

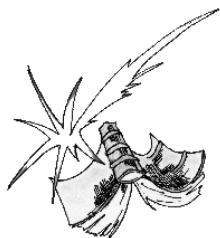
**2022**  
**6**  
**февраля**

---

*10 класс*

---

1. В некотором российском селе полярная ночь длится 60 дней. Определите склонение наблюдающейся в этом селе звезды, если известно, что при наблюдении в верхней кульминации звезда над горизонтом находится вдвое выше, чем в нижней кульминации.
2. Для ретрансляционных спутников существует такое явление, как «засветка» антенн земных станций Солнцем — зашумление радиосигнала, принимаемого со спутника, в результате смещения полезного радиосигнала с излучением от Солнца, при нахождении Солнца на небе рядом со спутником. Определите примерные диапазоны дат, когда возникает засветка, если известно, что наземная станция принимает сигнал со спутника на частоте 12 ГГц и представляет собой неподвижную параболическую антенну с диаметром 2 м.
3. Вокруг звезды с массой 2 массы Солнца по круговым орбитам в одной плоскости и в одном направлении обращаются две планеты. Радиусы орбит равны 0.5 а.е. и 0.8 а.е., экваторы планет лежат также в этой плоскости. Известно, что продолжительность местных «солнечных» суток на планетах совпадает, но при этом внешняя планета совершает оборот вокруг своей оси вдвое дольше, чем внутренняя. Определите периоды осевого вращения планет, считая их длительность меньше длительности орбитальных периодов для каждой планеты.
4. Переменные звезды типа W UMa представляют собой две одинаковых звезды Главной последовательности, соприкасающихся поверхностями. Оцените характерный орбитальный период такой пары для звезд типа Солнца. Что можно сказать о периоде, если обе звезды имеют спектральный класс F? спектральный класс K?
5. Как известно, масса центрального объекта нашей Галактики составляет  $4.5 \times 10^6$  масс Солнца. Предполагается, что это сверхмассивная черная дыра. Может ли быть так, что вместо этой сверхмассивной черной дыры в центре нашей Галактики находится шаровое скопление равномерной концентрации, состоящее из черных дыр звездных масс? Обоснуйте свой ответ максимально полно.



XXX Санкт-Петербургская  
астрономическая олимпиада  
теоретический тур

2023  
12  
февраля

---

10 класс

---

1. Звезда в настоящее время находится на расстоянии 30 пк от Солнца и движется прямолинейно и равномерно. Ее лучевая скорость в данный момент равна нулю, а ее собственное движение составляет  $0''.5/\text{год}$ . Можно ли будет обнаружить лучевую скорость у этой звезды спустя 100 лет, если вести наблюдения в оптическом диапазоне со спектрометром, обладающим точностью  $0.1 \text{ \AA}$ ?
2. Вокруг звезды обращается экзопланета, похожая по параметрам на Землю, орбитальный период которой равен 73 суткам. Оцените максимально возможный эксцентриситет ее орбиты. Абсолютная звездная величина звезды равна  $-0^m.6$ , температура  $3.4 \cdot 10^3 \text{ K}$ , гравитационное ускорение на ее поверхности равно  $0.7 \text{ м/с}^2$ .
3. Оцените угловой размер диска Антареса при наблюдении с Земли.
4. Один из астероидов семейства Атона, обнаруженный при максимальном сближении с Землей (произошедшем в январе 2003 года), обращается вокруг Солнца по практически круговой орбите с большой полуосью, чуть меньшей 1 а.е. Следующее его максимальное сближение с Землей ожидается в июле 2097 года. Найдите большую полуось орбиты этого астероида с погрешностью не более  $10^{-3}$  а.е.
5. Два друга-астронома наблюдают один и тот же объект в любительские телескопы. Аркадий находится на северном берегу Ладожского озера ( $\varphi = 62^\circ$ ,  $\lambda = 31^\circ$ ), и для Аркадия объект едва выглядывает из-под горизонта в направлении на юг. Василий проводит наблюдения на горе Верблюд высотой 885 метров ( $\varphi = 44^\circ$ ,  $\lambda = 43^\circ$ ). На какой максимальной высоте над видимым горизонтом увидит этот объект Василий? Насколько раньше (или позже) по сравнению с Аркадием увидит объект Василий? Влиянием атмосферы можно пренебречь.